مصادق عليه من لدن وزارة التربية الوطنية
والتعليم العالي وتكوين الأطر والبحث العلمي
قطاع التربية الوطنية

المسار

الفيزياء

مسلك العلوم الفيزيائية
مسلكا العلوم الرياضية (أ) و (ب)

السنة الثانية من سلك البكالوريا

المسار

الفيزياء

عبد الحق بنصديق	محمد لمصوب	عبد العالي شويدرة
مفتش ممتاز بالتعليم الثانوي (فيزياء - كيمياء)	أستاذ مبرز الدرجة الممتازة (فيزياء - كيمياء)	مفتش ممتاز بالتعليم الثانوي (فيزياء - كيمياء)

- مسلك العلوم الفيزيائية
- مسلكا العلوم الرياضية (أ) و (ب)

السنة الثانية من سلك البكالوريا

نادية للنشر
NADIA Edition

8 زنقة مولاي رشيد رقم 6 - حسان - الرباط
الهاتف : 91 28 73 037 الفاكس :82 27 73 037

بسم الله الرحمان الرحيم

تقديم

عزيزتي التلميذة، عزيزي التلميذ :

يندرج تأليف كتاب الفيزياء للسنة الثانية من سلك البكالوريا، شعبة العلوم الرياضية (مسلكا العلوم الرياضية (أ) و (ب))، وشعبة العلوم التجريبية (مسلك العلوم الفيزيائية) في سياق مواصلة إصلاح نظامنا التعليمي من خلال مراجعة المناهج والبرامج التعليمية وبنائها باعتماد المقاربة بالكفايات.

يهدف برنامج الفيزياء في هذه السنة بالنسبة لهذه المسالك، إلى ترسيخ ما اكتسبتماه من معارف ومهارات وقيم سابقا، وإعدادكما لمواصلة تنميتها وتطويرها لاحقا.

استهل هذا الكتاب بمدخل في الفيزياء نسعى من خلاله إلى الوقوف عند بعض اهتمامات الفيزيائي في المجتمع المعاصر، وذلك بإثارة الأسئلة التي تطرح عليه، وتصنيف عمله تبعا للأنشطة التي يقوم بها.

كما يتضمن الكتاب خمس عشرة وحدة دراسية موزعة على أربعة أجزاء، وهي : الموجات، والتحولات النووية، والكهرباء، والميكانيك، وقد حرصنا، بالرغم من تعدد المجموعات الفيزيائية المدروسة واختلافها، أن يكون الخط الموجه للمقرر هو إبراز التطور الزمني للمجموعات الفيزيائية، وذلك من خلال التطرق إلى وضعيات مستقاة من مجالات مختلفة للفيزياء تمت دراستها تجريبيا ونظريا. كما يوفر لك الكتاب فرصة مقارنة تنبؤات نماذج نظرية بنتائج تجريبية، ويرسخ لديك فكرة النسبية والحتمية.

واعتبارا لكونك الفاعل الأساس في بناء التعلمات، حرصنا على تقديم الوحدات الدراسية باعتماد هندسة بيداغوجية تجعلك تنخرط في إنجاز التعلمات المطلوبة، وفق أنشطة تفاعلية بنائية وتطبيقية معززة.

ووعيا منا بأهمية التقويم أدرجنا تمارين تطبيقية محلولة ضمن محتويات الدروس، بالإضافة إلى تمارين متنوعة وداعمة في نهاية كل وحدة دراسية.

وحرصا منا على ترسيخ توظيف التقنيات الجديدة للإعلام والتواصل، أدرجنا بطاقات تقنية تهتم بتوظيف وسائل وبرانم خاصة بتدريس العلوم الفيزيائية.

نأمل أن تجد في هذا الكتاب متعة للتعلم، والسند اللازم لبلوغ الأهداف المتوخاة.

والله ولي التوفيق

المؤلفون

الكفايات المستهدفة

كفايات تجريبية

- صياغة فرضية متعلقة بحدث يمكن حدوثه أو بعامل يمكن أن يؤثر على ظاهرة ما.
- اقتراح تجربة لتمحيص فرضية أواستجابة لهدف محدد.
- اختيار أدوات مناسبة لإنجاز مناولة ما مع تبرير الاختيار.
- وصف تجربة أو ظاهرة.
- تحليل نتائج تجريبية ومجابهتها مع توقعات نموذج مقترح.

كفايات مناولاتية

- تعرف وتسمية أدوات وأجهزة مخبرية.
- تنفيذ برتوكول تجريبي واستعمال الأجهزة والأدوات المطلوبة.
- احترام احتياطات السلامة عند استعمال الأدوات والأجهزة المخبرية.
- إنجاز تبيانة تركيب تجريبي.
- إنجاز تركيب تجريبي انطلاقا من تبيانة.

كفايات علمية

- تعرف العوامل المؤثرة على ظاهرة فيزيائية أو كيميائية.
- ربط نموذج بظاهرة ما.
- مناقشة مدى ملاءمة وتناسق تحليل علمي ما.
- استعمال الوحدات المناسبة.
- تقدير رتبة قدر نتيجة ما.
- استعمال لغة علمية مناسبة.
- تحليل تجربة أو وثيقة بطريقة علمية.
- إنجاز منحنى انطلاقا من مجموعة قياسات.
- معرفة استثمار منحنى.

كفايات مستعرضة

- اتخاذ مواقف إيجابية تجاه القضايا الكبرى في مجالات البيئة والصحة والوقاية والاستهلاك.
- استعمال المتجهات، والعمليات الرياضية الموافقة (الإحداثيات، الإضافة، الجداء السلمي).
- استعمال الدوال المقررة في مادة الرياضيات.
- استغلال جدول قيم أو قياسات.
- استعمال الحاسوب لمعالجة المعطيات.
- القيام ببحث وثائقي، واختيار المعلومات المناسبة حسب معايير محددة سلفا.

إرشادات لاستعمال الكتاب

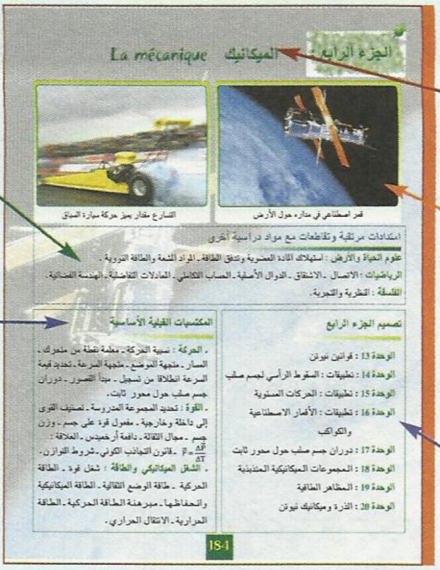
عنوان الجزء

صور من الحياة ذات صلة بموضوع الجزء

تصميم الجزء

امتدادات مرتقبة وتقاطعات مع مواد دراسية أخرى

أهم مكتسبات المستوى السابق ذات الصلة بموضوع الجزء



الجزء الرابع : الميكانيك La mécanique

قمر اصطناعي في مداره حول الأرض

التسارع مقدار يميز حركة سيارة السباق

امتدادات مرتقبة وتقاطعات مع مواد دراسية أخرى

علوم الحياة والأرض : استهلاك المادة العضوية وتدفق الطاقة ـ المواد المشعة والطاقة النووية .

الرياضيات : الاتصال ـ الاشتقاق ـ الدوال الأصلية ـ الحساب التكاملي ـ المعادلات التفاضلية ـ الهندسة الفضائية.

الفلسفة : النظرية والتجربة.

تصميم الجزء الرابع

الوحدة 13 : قوانين نيوتن

الوحدة 14 : تطبيقات : السقوط الرأسي لجسم صلب

الوحدة 15 : تطبيقات : الحركات المستوية

الوحدة 16 : تطبيقات : الأقمار الاصطناعية والكواكب

الوحدة 17 : دوران جسم صلب حول محور ثابت

الوحدة 18 : المجموعات الميكانيكية المتذبذبة

الوحدة 19 : المظاهر الطاقية

الوحدة 20 : الذرة وميكانيك نيوتن

المكتسبات القبلية الأساسية

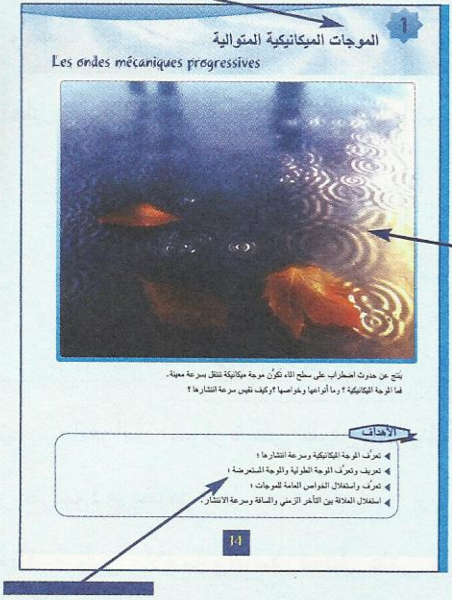
ـ الحركة : نسبية الحركة ـ معلمة نقطة من متحرك ـ المسار ـ متجهة الموضع ـ متجهة السرعة ـ تحديد قيمة السرعة انطلاقا من تسجيل ـ مبدأ القصور ـ دوران جسم صلب حول محور ثابت.

ـ القوة : تحديد المجموعة المدروسة ـ تصنيف القوى إلى داخلة وخارجية ـ مفعول قوة على جسم ـ وزن جسم ـ مجال الثقالة ـ دافعة أرخميدس ـ العلاقة : $\vec{F}=\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$ ـ قانون التجاذب الكوني ـ شروط التوازن.

ـ الشغل الميكانيكي والطاقة : شغل قوة ـ الطاقة الحركية ـ طاقة الوضع الثقالية ـ الطاقة الميكانيكية وانحفاظها ـ مبرهنة الطاقة الحركية ـ الطاقة الحرارية ـ الانتقال الحراري.

184

رقم وعنوان الوحدة



1 الموجات الميكانيكية المتوالية

Les ondes mécaniques progressives

يَنتج عن حدوث اضطراب على سطح الماء تكوُّن موجة ميكانيكية تنتقل بسرعة معينة.
فما الموجة الميكانيكية ؟ وما أنواعها وخواصها ؟ وكيف نقيس سرعة انتشارها ؟

الأهداف

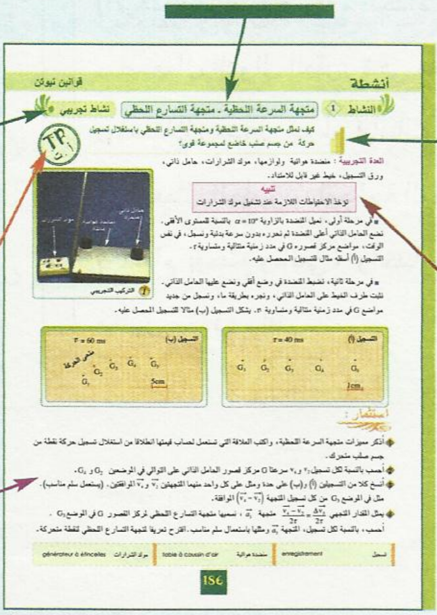
- تعرُّف الموجة الميكانيكية وسرعة انتشارها ؛
- تعريف وتعرُّف الموجة الطولية والموجة المستعرضة ؛
- تعرُّف واستغلال الخواص العامة للموجات ؛
- استغلال العلاقة بين التأخر الزمني والمسافة وسرعة الانتشار.

14

صورة معبرة عن موضوع الوحدة مرفوقة بتعليق وتساؤلات تجيب عنها أنشطة وفقرات الوحدة

أهداف الوحدة

عنوان النشاط



أنشطة — قوانين نيوتن

النشاط 1 متجهة السرعة اللحظية ـ متجهة التسارع اللحظي — نشاط تجريبي

كيف نمثل متجهة السرعة اللحظية ومتجهة التسارع اللحظي باستغلال تسجيل حركة من جسم صلب خاضع لمجموعة قوى؟

TP

العدة التجريبية : منضدة هوائية ولوازمها، مولد الشرارات، حامل ذاتي، ورق التسجيل، خيط غير قابل للامتداد.

تنبيه
توخذ الاحتياطات اللازمة عند تشغيل مولد الشرارات

1 التركيب التجريبي

■ في مرحلة أولى، نميل المنضدة بالزاوية $\alpha = 10°$ بالنسبة للمستوى الأفقي. نضع الحامل الذاتي أعلى المنضدة ثم نحرره بدون سرعة بدئية ونسجل، في نفس الوقت، مواضع مركز قصوره G في مدد زمنية متتالية ومتساوية τ. التسجيل (أ) أسفله مثال للتسجيل المحصل عليه.

■ في مرحلة ثانية، نضبط المنضدة في وضع أفقي ونضع عليها الحامل الذاتي. نثبت طرف الخيط على الحامل الذاتي، ونجره بطريقة ما، ونسجل من جديد مواضع G في مدد زمنية متتالية ومتساوية τ. يشكل التسجيل (ب) مثالا للتسجيل المحصل عليه.

التسجيل (أ) $\tau = 40\ ms$ — G_1 G_2 G_3 G_4 G_5 — 1cm

التسجيل (ب) $\tau = 60\ ms$ — منحى الحركة — G_1 G_2 G_3 G_4 G_5 — 5cm

استثمار :

- أذكر مميزات متجهة السرعة اللحظية، واكتب العلاقة التي تستعمل لحساب قيمتها انطلاقا من استغلال تسجيل حركة نقطة من جسم صلب متحرك.
- أحسب بالنسبة لكل تسجيل v_2 و v_4 سرعتا G مركز قصور الحامل الذاتي على التوالي في الموضعين G_2 و G_4.
- أنسخ كلا من التسجيلين (أ) و(ب) على حدة ومثل على كل واحد منهما المتجهتين $\vec{v_2}$ و $\vec{v_4}$ الموافقتين. (يستعمل سلم مناسب).
مثل في الموضع G_3 من كل تسجيل المتجهة $(\vec{v_4}-\vec{v_2})$ الموافقة.
- يمثل المقدار المتجهي $\frac{\vec{v_4}-\vec{v_2}}{2\tau}=\frac{\Delta\vec{v_3}}{2\tau}$ متجهة $\vec{a_3}$، نسميها متجهة التسارع اللحظي لمركز القصور G في الموضع G_3.
أحسب، بالنسبة لكل تسجيل، المتجهة $\vec{a_3}$ ومثلها باستعمال سلم مناسب. اقترح تعريفا لمتجهة التسارع اللحظي لنقطة متحركة.

تسجيل enregistrement | منضدة هوائية table à coussin d'air | مولد الشرارات générateur à étincelles

186

تساؤل أو تساؤلات تأسس لوضعية الانطلاق

طبيعة النشاط وثائقي ـ تجريبي

احتياطات السلامة

علامة تبين أن النشاط ينجز في حصة أشغال تطبيقية

أسئلة من أجل استثمار النشاط

تمرين تطبيقي
مدمج في الدرس

مقابلات باللغة الفرنسية للمفاهيم
والمصطلحات الواردة في الصفحة

حصيلة تقدم
ملخص الوحدة

نشاط تطبيقي يأتي في نهاية
الدرس من أجل تدعيم التعلمات

إحالة على بعض
مواقع الأنترنيت

تمارين متنوعة ومصنفة :
- **تمارين لاختبار المعارف**
- **تمارين تطبيقية**
- **تمارين توليفية**

محتوى البرنامج - المعارف والمهارات المستهدفة

الأسئلة التي تطرح على الفيزيائي

- بعض أنشطة الفيزيائي وأدوار الفيزياء في المجتمع
- بعض الأسئلة التي تواجه الفيزيائي خلال أنشطته المهنية.

الجزء الأول : الموجات

1 - الموجات الميكانيكية المتوالية

المحتوى

1.1 - تعريف الموجة الميكانيكية وسرعة انتشارها.

2.1 - الموجات الطولية والمستعرضة وخواصها.

3.1 - الموجة المتوالية في وسط أحادي البعد - مفهوم التأخر الزمني.

المعارف والمهارات المستهدفة

- تعريف الموجة الميكانيكية وسرعة انتشارها - تعريف الموجة الطولية والموجة المستعرضة - معرفة واستغلال الخواص العامة للموجات - تعريف الموجة المتوالية أحادية البعد ومعرفة العلاقة بين استطالة نقطة من وسط الانتشار واستطالة المنبع - استغلال العلاقة بين التأخر الزمني، والمسافة وسرعة الانتشار - استغلال وثائق تجريبية ومعطيات لتحديد : مسافة، التأخر الزمني، سرعة الانتشار - إنجاز تركيب تجريبي (راسم التذبذب) لقياس التأخر الزمني أو سرعة الانتشار عند انتشار موجة.

2 - الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

المحتوى

1.2 - مفهوم الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية : الدورية الزمانية والدورية المكانية

2.2 - الموجة المتوالية الجيبية : الدور والتردد وطول الموجة.

3.2 - الإبراز التجريبي لظاهرة حيود موجة ميكانيكية متوالية جيبية.

المعارف والمهارات المستهدفة

- تعرف موجة متوالية دورية ودورها - تعريف الموجة المتوالية الجيبية والدور والتردد وطول الموجة - معرفة وتطبيق العلاقة : $\lambda = V.T$ - معرفة شروط بروز ظاهرة الحيود - تعريف وسط مبدد - استغلال وثائق تجريبية للتعرف على ظاهرة الحيود وإبراز خاصيات الموجة المحيدة - إنجاز تركيب تجريبي يمكن من إبراز ظاهرة حيود الموجات الميكانيكية الصوتية وفوق الصوتية.

3 - انتشار موجة ضوئية

المحتوى

1.3 - الإبراز التجريبي لظاهرة حيود الضوء.

2.3 - انتشار الضوء في الفراغ : النموذج الموجي للضوء.

3.3 - انتشار الضوء في الأوساط الشفافة : معامل الوسط - الإبراز التجريبي لظاهرة تبدد الضوء بواسطة موشور.

المعارف والمهارات المستهدفة

- معرفة الطبيعة الموجية للضوء من خلال ظاهرة الحيود - معرفة تأثير بعد الفتحة أو الحاجز على ظاهرة الحيود - استثمار وثيقة أو شكل للحيود في حالة موجة ضوئية - معرفة وتطبيق العلاقة $\lambda = \frac{C}{\nu}$ - تعريف الضوء الأحادي اللون والضوء متعدد الألوان - معرفة حدود أطوال الموجات في الفراغ للطيف المرئي والألوان المطابقة لها - تحديد موضع الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء بالنسبة للطيف المرئي - معرفة أن الضوء ينتشر في الفراغ وفي الأوساط الشفافة - معرفة أن تردد إشعاع أحادي اللون لا يتغير عند انتقاله من وسط شفاف إلى آخر - معرفة أن الأوساط الشفافة مبددة للضوء بدرجات مختلفة - تحديد معامل وسط شفاف بالنسبة لتردد معين - إنجاز تركيب يسمح بإبراز ظاهرة الحيود في حالة الموجات الضوئية - القيام بقياسات للتحقق من ملاءمة العلاقة : $\theta = \lambda/a$.

4 - حيود الضوء بواسطة شبكة

المحتوى

1.4 - تعريف الشبكة ومميزاتها.

2.4 - الإبراز التجريبي لحيود الضوء الأحادي اللون.

3.4 - الإبراز التجريبي لحيود الضوء الأبيض.

المعارف والمهارات المستهدفة

- تعرف شبكة الحيود ومميزاتها : عدد الشقات في وحدة الطول، خطوة الشبكة - تمثيل مسار أشعة ضوئية بعد اجتيازها الشبكة - إثبات تعابير الاتجاهات θ الموافقة للإضاءات القصوى، واستغلالها لحساب عدد النقط ذات الإضاءة القصوى (حالة الانحراف الصغير) - معرفة وتطبيق العلاقة : $\theta = \lambda/a$ ومعرفة وحدة ودلالة المقدارين θ وλ - إنجاز تركيب يمكن من إبراز ظاهرة حيود الضوء بواسطة شبكة.

الجزء الثاني : التحولات النووية

1 - التناقص الإشعاعي

المحتوى

1.1 - استقرار وعدم استقرار النوى : تركيب النواة ، النظائرية، الترميز $^{A}_{Z}X$ ، المخطط (N,Z).

2.1 - النشاط الإشعاعي : الأنشطة الإشعاعية α وβ^- وβ^+ وانبعاث أشعة γ - قوانين انحفاظ الشحنة الكهربائية وعدد النويات.

3.1 - قانون التناقص الإشعاعي : تطور المادة المشعة - عمر النصف - أهمية النشاط الإشعاعي تطبيق على التأريخ بالنشاط الإشعاعي.

المعارف والمهارات المستهدفة

- معرفة مدلول الرمز $^{A}_{Z}X$ وإعطاء تركيب النواة التي يمثلها - تعريف النظائرية والتعرف على النظائر - التعرف على مجالات النوى من خلال المخطط (N,Z) - تعريف نواة مشعة - معرفة واستعمال قوانين الانحفاظ - تعريف الأنشطة الإشعاعية α وβ^- وβ^+ والانبعاث γ، وكتابة معادلاتها النووية بتطبيق قوانين الانحفاظ - التعرف على طراز النشاط الإشعاعي انطلاقا من معادلة نووية - معرفة تعبير قانون التناقص الإشعاعي واستثمار المنحنى الذي يمثله - معرفة أن 1Bq يمثل تفتتا واحدا في الثانية - تعريف ثابتة الزمن τ و λ و$t_{1/2}$ - استعمال العلاقات بين τ و λ و$t_{1/2}$ - استعمال معادلة الأبعاد لتحديد وحدة λ وτ - شرح مبدأ التأريخ واختيار العنصر المشع المناسب لتأريخ حدث معين - إنجاز مجموعة من عمليات العد بالنسبة لتفتت إشعاعي - استعمال مجدول (Tableur) أوحاسبة لتحديد الوسط الحسابي والانحراف variance والانحراف الطرازي Ecat - type لعدد من التفتتات المسجلة خلال مدة زمنية معينة.

2 - النوى - الكتلة والطاقة

المحتوى

1.2 - التكافؤ "كتلة - طاقة : النقص الكتلي - طاقة الربط - الوحدات - طاقة الربط بالنسبة لنوية - التكافؤ "كتلة - طاقة" - منحنى أسطون.

2.2 - الانشطار والاندماج : استغلال منحنى أسطون لتحديد مجالي الانشطار والاندماج.

3.2 - الحصيلة الكتلية والطاقية لتحول نووي : أمثلة للأنشطة الإشعاعية α وβ^-وβ^+ أمثلة للانشطار والاندماج.

4.2 - استعمالات الطاقة النووية

المعارف والمهارات المستهدفة

- تعريف وحساب النقص الكتلي وطاقة الربط - تعريف وحساب طاقة الربط بالنسبة لنوية - تعريف الإلكترون فولط ومضاعفاته - تحويل الجول إلى الإلكترون فولط والعكس - معرفة علاقة التكافؤ "كتلة - طاقة" وحساب طاقة الكتلة - تحليل منحنى أسطون لاستجلاء الفائدة الطاقية للانشطار والاندماج - تعريف الانشطار والاندماج وكتابة معادلات التحولات النووية بتطبيق قوانين الانحفاظ - تعرف نوع التفاعل النووي انطلاقا من المعادلة النووية - إنجاز الحصيلة الطاقية لتفاعل نووي بمقارنة طاقات الكتلة - معرفة بعض تطبيقات وبعض أخطار النشاط الإشعاعي.

الجزء الثالث : الكهرباء

1 - ثنائي القطب RC

المحتوى

1.1 - المكثف : وصف موجز للمكثف - رمزه - شحنتا اللبوسين - شدة التيار - التجبير في الاصطلاح مستقبل بالنسبة للمقادير **i** و **u** و **q** - العلاقة $i = dq/dt$ للمكثف في الاصطلاح مستقبل - العلاقة $q = C.u$ - سعة المكثف - وحدتها - تجميع المكثفات على التوالي وعلى التوازي.

2.1 - ثنائي القطب RC: - استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر (échelon de tension) : - دراسة تجريبية ، دراسة نظرية - الطاقة المخزونة في مكثف.

المعارف والمهارات المستهدفة

- معرفة التمثيل الرمزي للمكثف - معرفة توجيه دارة على تبيانة وتمثيل التوترات بسهم وتحديد شحنتي لبوسي مكثف في الاصطلاح مستقبل - معرفة العلاقتين : شحنة/ شدة وشحنة / توتر بالنسبة لمكثف في الاصطلاح مستقبل - معرفة وتحديد سعة مكثف ووحدتها F - معرفة واستغلال العلاقة $q = C.u$ - استعمال معادلة الأبعاد - معرفة سعة المكثف المكافىء للتركيب على التوالي

والتركيب على التوازي والفائدة من كل تركيب ـ معرفة تغيرات التوتر u_c بين مربطي مكثف عند تطبيق توتر بين مربطي ثنائي القطب RC ـ استنتاج تغيرات شدة التيار المار في الدارة ـ إثبات المعادلة التفاضلية ـ وحلها عندما يكون ثنائي القطب RC خاضعا لرتبة توتر ـ معرفة أن التوتر بين مربطي المكثف متصل ـ معرفة تعبير ثابتة الزمن ـ استغلال وثائق تجريبية لـ : تعرف التوترات الملاحظة ، إبراز تأثير R و C على عمليتي الشحن والتفريغ ، تعيين ثابتة الزمن ـ إنجاز تركيب تجريبي باعتماد تبيانة ـ معرفة كيفية ربط راسم التذبذب لمعاينة توترات ـ إبراز تأثير R و C ووسع رتبة التوتر على الظاهرة الملاحظة ـ معرفة واستغلال تعبير الطاقة المخزونة في مكثف.

2 ـ ثنائي القطب RL

المحتوى

1.2 ـ الوشيعة : وصف موجز للوشيعة رمزها ـ التوتر بين مربطي الوشيعة في الاصطلاح مستقبل : $u = r.i+L.di/dt$ ـ معامل التحريض ، وحدته.

2.2 ـ ثنائي القطب RL : استجابة ثنائي القطب RL لرتبة توتر (échelon de tension): دراسة تجريبية ، دراسة نظرية ـ الطاقة المخزونة في وشيعة.

المعارف والمهارات المستهدفة

ـ معرفة التمثيل الرمزي لوشيعة ـ معرفة توجيه دارة على تبيانة وتمثيل التوترات بأسهم في الاصطلاح مستقبل ـ ـ معرفة تعبير التوتر بالنسبة للوشيعة في الاصطلاح مستقبل واستغلاله : $u = r.i + Ldi/dt$ ـ معرفة مدلول المقادير الواردة في التعبير ووحداتها ـ تحديد معامل التحريض لوشيعة ـ استعمال معادلة الأبعاد ـ معرفة تغيرات شدة التيار i عند تطبيق توتر بين مربطي ثنائي القطب RL ـ استنتاج التوتر بين مربطي وشيعة ـ إثبات المعادلة التفاضلية وحلها ـ معرفة أن الوشيعة تقاوم التيار الكهربائي وأن شدته متصلة ـ معرفة تعبير ثابتة الزمن ـ استغلال وثائق تجريبية لـ : تعرف التوترات الملاحظة، إبراز تأثير R و L على استجابة ثنائي القطب RL ، تعيين ثابتة الزمن ـ إنجاز تركيب تجريبي باعتماد تبيانة أو العكس ـ معرفة كيفية ربط راسم التذبذب لمعاينة توترات، وإبراز تأثير R و L ووسع رتبة التوتر على الظاهرة الملاحظة ـ معرفة واستغلال تعبير الطاقة الكهربائية المخزونة في وشيعة.

3 ـ الدارة RLC المتوالية

المحتوى

1.3 ـ الذبذبات الحرة في دارة RLC متوالية : تفريغ مكثف في وشيعة ـ تأثير الخمود ـ شبه الدور ـ التفسير الطاقي : انتقال الطاقة بين المكثف والوشيعة ـ مفعول جول ـ الدراسة التحليلية في حالة الخمود المهمل (مقاومة مهملة)، الدور الخاص ـ صيانة التذبذبات : الدراسة التجريبية، الدراسة النظرية.

2.3 ـ الذبذبات القسرية في دارة RLC متوالية : التيار المتناوب الجيبي ـ الشدة الفعالة والتوتر الفعال ـ ممانعة الدارة ـ رنين شدة التيار ـ المنطقة الممرة ـ معامل الجودة ـ القدرة في نظام متناول جيبي، معامل القدرة.

المعارف والمهارات المستهدفة

ـ معرفة الأنظمة الدورية وشبه الدورية واللادورية ـ معرفة خط منحنى تغيرات التوتر بين مربطي المكثف بدلالة الزمن بالنسبة للأنظمة الثلاثة واستغلاله ـ إثبات المعادلة التفاضلية للتوتر بين مربطي المكثف أو الشحنة q وحلها في حالة الخمود المهمل ـ استنتاج تعبير i المار في الدارة ـ معرفة تعبير الدور الخاص ومدلول المقادير المعبرة عنه ووحداتها ـ معرفة التحولات الطاقية بالنسبة للأنظمة الثلاث ـ معرفة دور جهاز الصيانة المتجلي في تعويض الطاقة المبددة بمفعول جول في الدارة ـ استغلال وثائق تجريبية لـ : تعرف التوترات الملاحظة، تعرف أنظمة الخمود، إبراز تأثير R و L و C على ظاهرة الذبذبات، تحديد شبه الدور والدور الخاص ـ إنجاز تركيب تجريبي باعتماد تبيانة أو العكس ـ إنجاز عمليات الربط الملائمة لراسم التذبذب لمعاينة توترات محددة ـ قياس الدور أو شبه الدور ـ التمييز بين الذبذبات الحرة والذبذبات القسرية ـ معرفة دور المثير والرنان ـ معرفة تعبير ممانعة الدارة ووحدتها (Ω) ـ إثبات المعادلة التفاضلية وحلها باستعمال إنشاء فرينيل ـ تعرف ظاهرة الرنين ـ معرفة تعبير معامل الجودة ومدلول المقادير المعبرة عنه ووحداتها ـ معرفة العوامل المؤثرة على معامل الجودة ـ تحديد المنطقة الممرة ذات 3db ـ تعرف ظاهرة فوق التوتر ـ معرفة القدرة في النظام المتناوب الجيبي ـ معرفة أن القدرة المتوسطة بالنسبة لدارة RLC متوالية تستهلك فقط بمفعول جول وتساوي $R.I^2$ ـ معرفة معامل القدرة.

4 ـ تطبيقات

المحتوى

1.4 ـ الموجات الكهرمغنطيسية ـ نقل المعلومات.

2.4 ـ تضمين توتر جيبي

3.4 ـ تضمين الوسع : مبدأ تضمين الوسع ـ مبدأ إزالة التضمين

4.4 ـ إنجاز جهاز يمكن من استقبال بث إذاعي بتضمين الوسع.

المعارف والمهارات المستهدفة

ـ معرفة كيف يتم نقل المعلومات بواسطة موجة كهرمغنطيسية حاملة ـ معرفة سرعة نقل المعلومات ـ معرفة أهم العمليات اللازمة لتحويل المعلومات إلى رسائل شفوية أو كتابية ـ التعرف على الجهاز الذي يمكن من الحصول على المعلومات عند استقبالها ـ معرفة أن الضوء هو عبارة عن موجات كهرمغنطيسية ذات ترددات معينة ـ معرفة أن الموجة الكهرمغنطيسية المرسلة عبر هوائي لها نفس تردد الإشارة الكهربائية المرسلة، ونفس الشيء عند الاستقبال ـ معرفة التعبير الرياضي لتوتر جيبي ـ معرفة أن نقل المعلومات بواسطة موجة كهرمغنطيسية يتم بدون نقل للمادة ولكن بنقل للطاقة ـ معرفة أن الهوائي يمكن توظيفه كمرسل وكمستقبل (جهاز الهاتف المحمول مثلا) ـ معرفة أن تضمين الوسع هو جعل الوسع المضمن عبارة عن دالة تآلفية للتوتر المضمن (tension modulante) ـ معرفة شروط تفادي ظاهرة فوق التضمين (sur- modulation) ـ التعرف على مختلف المراحل التي تدخل في تضمين الوسع ـ استغلال مختلف المنحنيات المحصل عليها تجريبيا ـ إنجاز دارة كهربائية لتضمين الوسع انطلاقا من تبيانته ـ معرفة دور مختلف المرشحات (filtres) المستعملة ـ التعرف على مراحل إزالة التضمين ـ القدرة على إنجاز تجارب إزالة التضمين بشكل سليم انطلاقا من تبيانة ـ معرفة شروط الحصول على جودة جيدة سواء عند التضمين أو عند إزالة التضمين ـ معرفة دور الدارة السدادة للتيار LC (circuit bouchon) في انتقاء توتر مضمن ـ تعرف المكونات الأساسية التي تدخل في تركيب جهاز الاستقبال الراديو AM ودورها في عملية إزالة التضمين.

الجزء الرابع : الميكانيك

1 ـ قوانين " نيوتن "

المحتوى

1.1 ـ متجهة السرعة ـ متجهة التسارع ـ متجهة التسارع في أساس فريني

2.1 ـ القانون الثاني لنيوتن : دور الكتلة ـ أهمية اختيار المرجع في دراسة مركز القصور لجسم صلب ـ المراجع الغاليلية

3.1 ـ القانون الثالث لنيوتن : مبدأ التأثيرات المتبادلة

المعارف والمهارات المستهدفة

ـ معرفة تعبيري كل من متجهة السرعة اللحظية ومتجهة التسارع ـ معرفة وحدة التسارع ـ معرفة إحداثيات متجهة التسارع في معلم ديكارتي وفي أساس فريني ـ استغلال الجداء $\vec{a}.\vec{V}$ لتحديد نوع الحركة (متباطئة ـ متسارعة) ـ تعرف المرجع الغاليلي ـ معرفة القانون الثاني لنيوتن $\sum \vec{F}_{ex} = m\vec{a}_G$ و $\sum \vec{F}_{ex} = m\frac{\Delta \vec{V}_G}{\Delta t}$ ومجال صلاحيته ـ تعرف دور الكتلة في قصور المجموعة ـ تطبيق القانون الثاني لنيوتن لتحديد المقادير المتجهية الحركية $\vec{V}_G$ و $\vec{a}_G$ واستغلالها ـ معرفة القانون الثالث لنيوتن وتطبيقه.

2 ـ تطبيقات

المحتوى

1.2 ـ السقوط الرأسي لجسم صلب : ـ السقوط الرأسي باحتكاك ـ السقوط الرأسي الحر.

2.2 ـ الحركات المستوية : ـ حركة جسم صلب على مستوى أفقي وعلى مستوى مائل ـ حركة قذيفة في مجال الثقالة المنتظم ـ حركة دقيقة مشحونة في مجال كهرساكن منتظم ـ حركة دقيقة مشحونة في مجال مغنطيسي منتظم .

3.2 ـ الأقمار الاصطناعية والكواكب : ـ المرجع المركزي الشمسي ـ المرجع المركزي الأرضي ـ قوانين كيبلر (المسار الدائري والمسار الإهليجي) ـ تطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز قصور قمر اصطناعي أو على كوكب : قوة انجذابية مركزية، التسارع الإشعاعي ـ نمذجة حركة مركز قصور قمر اصطناعي أو كوكب بواسطة حركة دائرية منتظمة.

المعارف والمهارات المستهدفة

ـ تعرف قوة الاحتكاك في الموائع ـ معرفة النموذجين التاليين لقوة الاحتكاك : $\vec{F} = -kv\vec{i}$ و $\vec{F} = -kv^2\vec{i}$ واستغلالهما ـ استغلال المنحنى $v_G = f(t)$ لتحديد :

السرعة الحدية v_ℓ ، الزمن المميز τ ، النظام البدئي والنظام الدائم - تطبيق القانون الثاني لنيوتن للتوصل إلى المعادلة التفاضلية لحركة مركز قصور جسم صلب في سقوط رأسي باحتكاك - معرفة طريق أولير (Euler) وتطبيقها لإنجاز حل تقريبي للمعادلة التفاضلية باستعمال المجدول (Tableur) - تعريف السقوط الحر - تطبيق القانون الثاني لنيوتن لإثبات المعادلة التفاضلية لحركة مركز قصور جسم صلب في سقوط حر، وإيجاد حلها - معرفة الحركة المستقيمية المتغيرة بانتظام ومعادلاتها الزمنية - استغلال مخطط السرعة $v_G = f(t)$ - اختيار المرجع المناسب للدراسة - تطبيق القانون الثاني لنيوتن لإثبات المعادلة التفاضلية لحركة مركز قصور الجسم الصلب وتحديد المقادير التحريكية والحركية المميزة للحركة .

- استثمار وثيقة تمثل مسار حركة مركز قصور قذيفة في مجال الثقالة المنتظم : لتحديد نوع الحركة (مستوية)، لتمثيل متجهتي السرعة والتسارع ، لتعيين الشروط البدئية - تطبيق القانون الثاني لنيوتن : لإثبات المعادلة التفاضلية للحركة، لاستنتاج المعادلات الزمنية للحركة واستغلالها - لإيجاد معادلة المسار، وقمة المسار والمدى - معرفة العلاقتين $\vec{F} = q\vec{E}$ و $E = \frac{U}{d}$ وتطبيقهما - تطبيق القانون الثاني لنيوتن على دقيقة مشحونة : لإثبات المعادلات التفاضلية للحركة، لإثبات المعادلات الزمنية للحركة واستغلالها في حساب الانحراف الكهرساكن - معرفة مميزات قوة لورنتز (Lorentz) وقاعدة تحديد منحاها - تطبيق القانون الثاني لنيوتن على دقيقة مشحونة في مجال مغنطيسي منتظم في حالة $\vec{B}$ عمودية على $\vec{v}_0$: لإثبات المعادلة التفاضلية للحركة وطبيعتها وطبيعة مسارها ، لحساب الانحراف المغنطيسي - تعرف المرجع المركزي الشمسي والمرجع المركزي الأرضي - معرفة وتطبيق القوانين الثلاثة لكيبلر في حالة مسار دائري ومسار إهليلجي - إثبات القانون الثالث لكيبلر - معرفة التعبير المتجهي لقانون التجاذب الكوني - تعرف أن القوة التي يخضع لها مركز قصور قمر اصطناعي أو كوكب قوة انجذابية مركزية - تطبيق القانون الثاني لنيوتن على مركز قصور قمر اصطناعي أو كوكب لتحديد طبيعة الحركة.

3 - العلاقة الكمية بين مجموع العزوم $\Sigma\mathcal{M}_\Delta$ والتسارع الزاوي $\ddot{\theta}$

المحتوى

1.3 - الأفصول الزاوي - التسارع الزاوي $\ddot{\theta}$

2.3 - العلاقة الأساسية للتحريك في حالة الدوران حول محور ثابت - دور عزم القصور

3.3 - حركة مجموعة ميكانيكية في حالة إزاحة ودوران حول محور ثابت :

المعارف والمهارات المستهدفة

معرفة معلمة نقطة من جسم صلب في دوران حول محور ثابت بأفصوله الزاوي - معرفة تعبير التسارع الزاوي ووحدته - معرفة تعبيري المركبتين a_N و a_T بدلالة المقادير الزاوية - معرفة وتطبيق العلاقة الأساسية للتحريك في حالة الدوران حول محور ثابت - معرفة وحدة عزم القصور - إنجاز دراسة تحريكية لمجموعة ميكانيكية مكونة من أجسام في إزاحة ودوران حول محور ثابت .

4 - المجموعات المتذبذبة

المحتوى

1.4 - تقديم مجموعات ميكانيكية متذبذبة : النواس الوازن والنواس البسيط ونواس اللي والمجموعة (جسم صلب - نابض) في ذبذبات حرة : موضع التوازن، الوسع، الدور الخاص - خمود الذبذبات.

2.4 - المجموعة المتذبذبة (جسم صلب - نابض) : قوة الارتداد المطبقة من طرف نابض - المعادلة التفاضلية لحركة جسم صلب في حالة إهمال الاحتكاكات - الدور الخاص - الخمود.

3.4 - نواس اللي : مزدوجة الارتداد - المعادلة التفاضلية في حالة الاحتكاكات المهملة - الدور الخاص - الخمود.

4.4 - النواس الوازن : المعادلة التفاضلية - الدور الخاص - الخمود

5.4 - ظاهرة الرنين : التقديم التجريبي للظاهرة - المثير - الرنان - وسع ودور الذبذبات - تأثير الخمود - أمثلة للرنين الميكانيكي.

المعارف والمهارات المستهدفة

- تعرف المتذبذبات الميكانيكية التالية : النواس الوازن والنواس البسيط ونواس اللي والنواس المرن (المجموعة : جسم صلب - نابض) - معرفة المفاهيم التالية : الحركة التذبذبية - الحركة الدورية - وسع الحركة - موضع التوازن - الدور الخاص - تعرف الذبذبات الحرة - تعرف خمود الذبذبات ومختلف أصنافه وأنظمته - معرفة أن الدور الخاص يقارب شبه الدور في حالة الخمود الضعيف (نظام شبه دوري) - معرفة مميزات قوة الارتداد المطبقة من طرف نابض على جسم صلب في حركة - استغلال مخطط المسافات $x = f(t)$ - تطبيق القانون الثاني لنيوتن لإثبات المعادلة التفاضلية وطبيعة حركة الجسم الصلب - تعرف حل المعادلة التفاضلية وطبيعة حركة الجسم الصلب - معرفة مدلول المقادير الفيزيائية الواردة في تعبير المعادلة الزمنية وتحديدها انطلاقا من الشروط البدئية - معرفة وتطبيق تعبير الدور الخاص والتردد الخاص للمجموعة المتذبذبة: (جسم صلب - نابض) - تحديد صنفي الخمود (الصلب والمائع) انطلاقا من أشكال مخططات المسافات $x = f(t)$ - معرفة تعبير مزدوجة الارتداد المطبقة من طرف سلك اللي على جسم صلب في حركة - تطبيق القانون الثاني لنيوتن لإثبات المعادلة التفاضلية لحركة نواس اللي في حالة الاحتكاكات المهملة - تعرف حل المعادلة التفاضلية وطبيعة حركةنواس اللي - معرفة مدلول المقادير الفيزيائية الواردة في تعبير المعادلة الزمنية وتحديدها انطلاقا من الشروط البدئية - معرفة وتطبيق تعبير الدور الخاص والتردد الخاص لنواس اللي - استغلال المخطط $\theta = f(t)$ لتحديد المقادير المميزة لحركة النواس - تحديد صنفي الخمود (الصلب والمائع) انطلاقا من أشكال المخططات $\theta = f(t)$ - تطبيق القانون الثاني لنيوتن لإثبات المعادلة التفاضلية لحركة النواس الوازن في حالة الاحتكاكات المهملة والذبذبات الصغيرة - تعرف حل المعادلة التفاضلية وطبيعة حركة النواس الوازن - $\theta = f(t)$ استغلال مخطط لتحديد المقادير المميزة لحركة النواس الوازن - تعرف النواس البسيط المتواقت للنواس الوازن - معرفة تعبير الدور الخاص للنواس البسيط - تعرف المثير والرنان وظاهرة الرنين الميكانيكي - معرفة ظروف حدوث الرنين الميكانيكي: دور المثير يقارب الدور الخاص للرنان - تعرف تأثير الخمود على أنظمة الرنين.

5 - المظاهر الطاقية

المحتوى

1.5 - شغل قوة خارجية مطبقة من طرف نابض - طاقة الوضع المرنة - الطاقة الميكانيكية للمجموعة (جسم صلب - نابض).

2.5 - طاقة الوضع للي - الطاقة الميكانيكية لنواس اللي

3.5 - الطاقة الميكانيكية للنواس الوازن.

المعارف والمهارات المستهدفة

- معرفة تعبير الشغل الجزئي لقوة - معرفة تعبير شغل قوة خارجية مطبقة من طرف نابض - معرفة تعبير طاقة الوضع المرنة ووحدتها - معرفة علاقة شغل قوة مطبقة من طرف نابض بتغير طاقة الوضع المرنة وتطبيقها - معرفة تعبير الطاقة الميكانيكية للمجموعة (جسم صلب - نابض) وتطبيقه - استغلال انحفاظ وعدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية للمجموعة (جسم صلب - نابض) - استغلال مخططات الطاقة - معرفة تعبير شغل مزدوجة اللي واستغلاله - معرفة تغير طاقة الوضع للي واستغلاله - معرفة علاقة شغل مزدوجة اللي بتغير طاقة الوضع للي وتطبيقها - معرفة تعبير الطاقة الميكانيكية لنواس اللي وتطبيقه - استغلال انحفاظ وعدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية لنواس اللي - استغلال مخططات الطاقة - استغلال تعبير طاقة الوضع الثقالية والطاقة الحركية لتحديد الطاقة الميكانيكية للنواس الوازن - استغلال انحفاظ الطاقة الميكانيكية للنواس الوازن.

6 - الذرة وميكانيك نيوتن

المحتوى

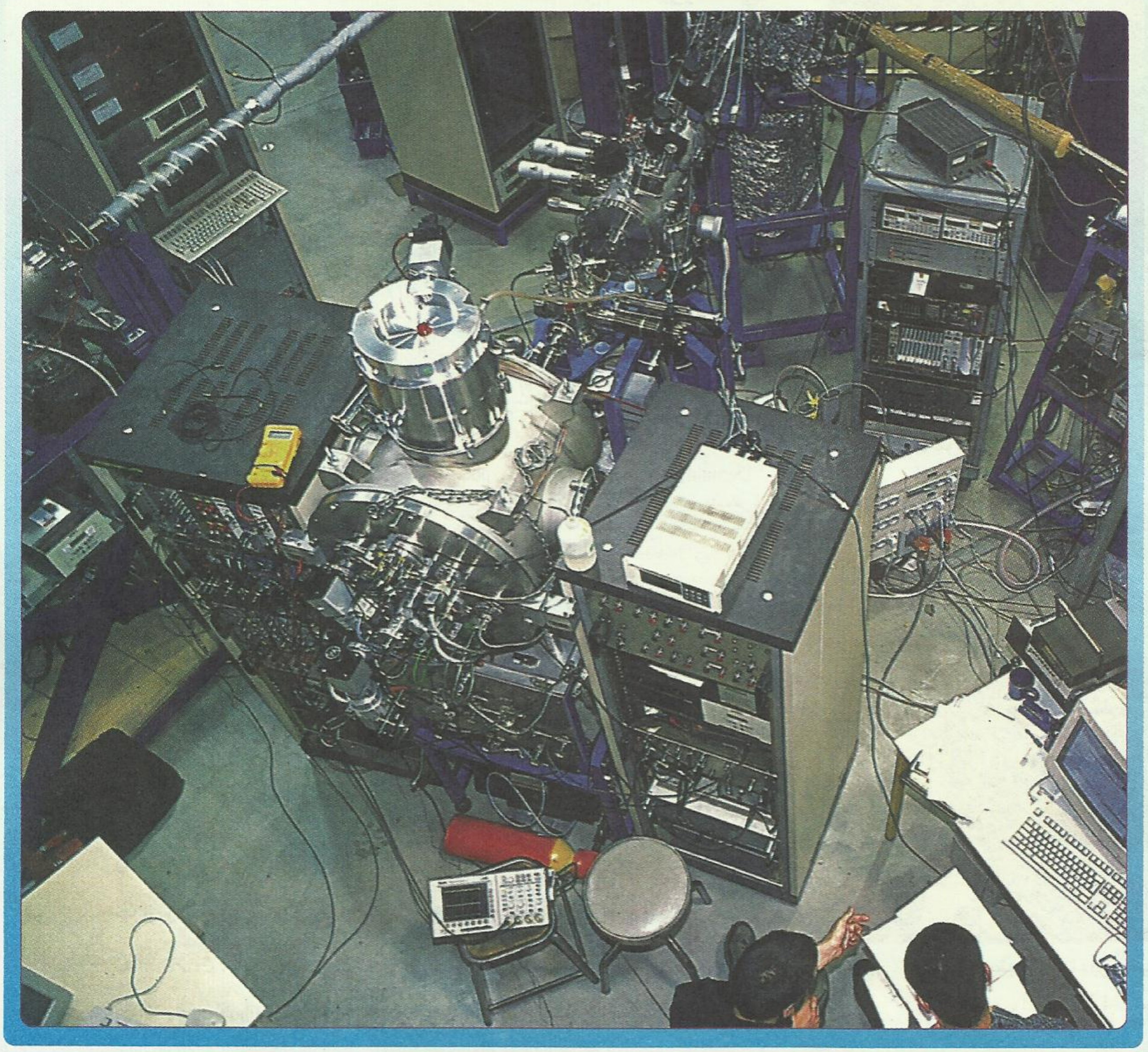
حدود ميكانيك نيوتن - تكمية التبادلات الطاقية - تكمية مستويات الطاقة لذرة ولجزيئة، ولنواة - تطبيقات على الأطياف، ثابتة بلانك، العلاقة.

المعارف والمهارات المستهدفة

- معرفة تعبيري قوة التأثير البيني التجاذبي، وقوة التأثير البيني الكهرساكن - تعرف أن طاقة الذرة مكماة - معرفة أن ميكانيك نيوتن لا تمكن من تفسير تكمية طاقة الذرة - معرفة واستغلال العلاقة $\Delta = hv$ - معرفة العلاقة بين الإلكترون فولط والجول - تفسير طيف الحزات.

الأسئلة التي تطرح على الفيزيائي

Les questions posées au Physicien



الفيزياء، مثل جميع علوم الطبيعة، ترتكز على الطريقة التجريبية، وتُبنى في المختبرات.

كيف تتم عملية البناء هاته ؟ وما الأسئلة التي تطرح على الفيزيائي خلالها ؟

الأهداف

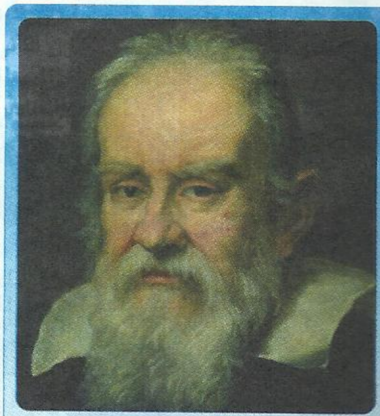
- تعرُّف بعض اهتمامات الفيزيائي في المجتمع.
- تعرُّف الأسئلة التي تطرح على الفيزيائي.

النشاط 1 النظريات والنماذج في الفيزياء نشاط وثائقي

أين يتجلى عمل الفيزيائي ؟ هل ينتهي عمل الفيزيائي ببناء نظرية أو نموذج تنبئي ؟

لإبراز عمل الفيزيائي واهتماماته، لا بد من تعريف أهم ميزات الفيزياء. في هذا الصدد نورد ما كتبه (ألان أسبي Alain Aspect) وآخرون : " الفيزياء ككل علوم الطبيعة، مستمدة من الطريقة التجريبية التي اعتمدت منذ عهد (غاليلي Galilée).
غير أن للفيزياء مميزاتها ؛ فبينما ينكب علماء الرياضيات على إثبات مبرهنات، ينهمك الفيزيائيون في إعداد نماذج بسيطة وإثبات صحتها وذلك بمقابلة أوصافها النظرية مع نتائج التجربة. يبدأ الفيزيائيون بملاحظة الظواهر الطبيعية حريصين على تبسيط الواقع بغية تشخيص المقادير الفيزيائية الملائمة. هذه الأخيرة تسمح لهم ببناء نماذج بسيطة. بعد ذلك يرجع الفيزيائيون إلى الواقع من أجل التأكد من صحة وصفهم. . . .
عندما يمر كاشف التجربة بنجاح، ويضحى النموذج مثبتا وراسخا، يُفتح آنذاك باب لفيزياء تنبئية ؛ إذ يعتبر التنبؤ إحدى الميزات الأساسية لعلم الفيزياء."

عن : "Demain, la physique, Alain Aspect, Roger Balian, et al. Odile Jacob, 2004" بتصرف.


1 غاليلي (1564م - 1642م) ، من فيزيائيي القرن السابع عشر، أحد مؤسسي المنهج التجريبي

العالم الإنجليزي الكبير (ستيفان هاوكينغ Stephan Hawking) يجيب عن هذا التساؤل، فيكتب :
" في الفيزياء، تعتبر نظرية ما مؤقتة من منظور أنها لا تشكل سوى فرضية مهما كبر عدد المرات التي توافق نتائج التجربة تلك النظرية. . . ؛ إذ يكفي حدوث ملاحظة واحدة مناقضة لتوقعات النظرية لكي تصبح هذه الأخيرة مفندة . . . .
تبقى النظرية ذات مصداقية مادامت التجارب الجديدة تؤكد توقعاتها، مما يعظم ثقتنا فيها، لكنّ أقل تعارض تبرزه ملاحظة ما مع النظرية يجعل من الضروري إعادة فحص النظرية، أو تغييرها، أو التخلي عنها".

عن : "Une belle histoire du temps, Stephen Hawking, Flamarion, 2005" بتصرف.

2 العالم الإنجليزي الشهير ستيفان هاوكينغ ولد سنة 1942م

استثمار :

1. ابحث في موسوعة علمية أو على الأنترنيت عن عناصر المنهج التجريبي.
2. هل ينتهي عمل الفيزيائي ببناء نموذج يسمح بدراسة ظاهرة ما ؟ علل إجابتك.
3. اعط أمثلة من الواقع المعيش تبرز فيها دور الفيزيائي في المجتمع، وبعضا من الأسئلة التي تطرح عليه.

نظرية	théorie	نموذج	modèle	تجربة	expérience	ظاهرة	phénomène

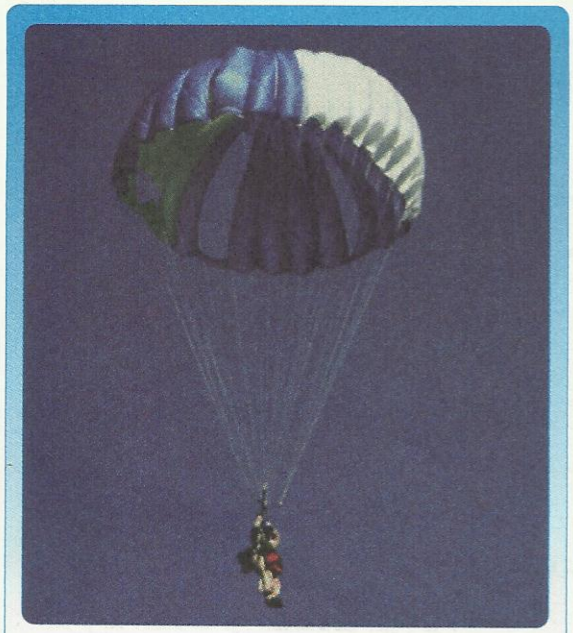
النشاط ② من الظاهرة إلى نمذجتها (مثال : القفز بالمظلة) نشاط وثائقي

لفهم ظاهرة ما، يسعى الفيزيائي إلى إعداد نموذج بسيط يسمح له بتحليلها ودراستها. كيف يتم ذلك ؟

وصف الظاهرة : (القفز بالمظلة)

القفز بالمظلة رياضة تسترعي اهتماما متزايدا لفئة من الناس، وتتلخص مراحل سقوط مظلي فيما يلي :

- المرحلة الأولى : يقفز الرياضي من الطائرة من ارتفاع يناهز 4000 m من سطح الأرض ؛ بحيث يخضع لحركة سقوط حر، فتتزايد سرعته لتصل إلى حوالي $200\ km.h^{-1}$ أو ما يفوق، حسب وضع جسمه أثناء النزول.
- المرحلة الثانية : على بعد 1000 m تقريبا من سطح الأرض يفتح الرياضي المظلة فتنقص سرعته بشكل كبير لتبلغ حوالي $15\ km.h^{-1}$ خلال بضع ثوان.
- المرحلة الثالثة : تبقى خلالها سرعة المظلي ثابتة تقريبا.
- المرحلة الرابعة : مرحلة نزول المظلي فوق سطح الأرض، وتتطلب إتقان المظلي استعمال أدوات التحكم في مظلته.

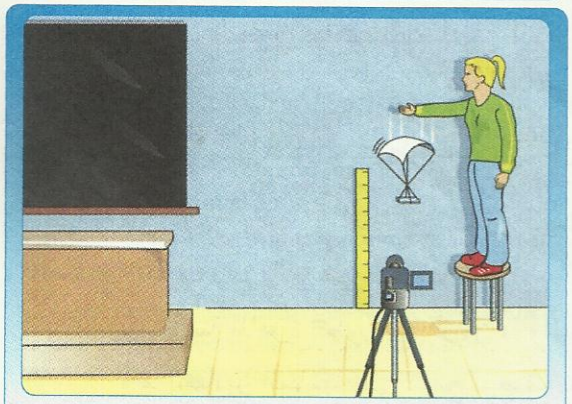


③ مظلي أثناء القفز

نمذجة الظاهرة : (الدراسة التجريبية)

نعتبر الحالة الخاصة للقفز بالمظلة حيث تكون السرعة البدئية للرياضي منعدمة.

لنمذجة الظاهرة في هذه الحالة، نستعمل العدة التجريبية التالية :
علبة أسطوانية الشكل مشدودة بواسطة أربعة خيوط بثوب تم قصه بعناية، مسطرة مدرجة، كاميرا رقمية، حاسوب مزود ببرنم مناسب لتحديد نقط المسار ومعالجة المعطيات.



④ رسم توضيحي للتركيب التجريبي

استثمار :

1. ما طبيعة حركة الرياضي خلال المرحلتين الأولى والثانية ؟
2. اذكر المقادير التي تسمح بوصف تطور حركة المجموعة { المظلي، المظلة }.
3. بماذا تمت نمذجة هذه المجموعة ؟
4. اذكر بعض عيوب النموذج المقترح.
5. اقترح طريقة العمل التجريبي بتوظيف عناصر العدة التجريبية المذكورة أعلاه، مبرزا دور كل عنصر.

تطور	évolution	نمذجة	modélisation	تحليل	analyse	مظلي	parachutiste

① دور الفيزياء في المجتمع

⑤ قمر اصطناعي

يشهد العصر الحالي تطورا علميا وتكنولوجيا هائلا في مجالات شتى. وتلعب الفيزياء دورا رائدا في هذا التطور، سواء على المستوى النظري أو التطبيقي. وفيما يلي نورد بعض أوجه هذا الدور ؛ حيث يساهم الفيزيائي في :

ميدان الطيران والفضاء

صناعة وإطلاق الأقمار الاصطناعية من أجل دراسة الكون، وتطوير وسائل الاتصال والتواصل، والمساهمة في الاكتشافات الفضائية.

ميدان الطب

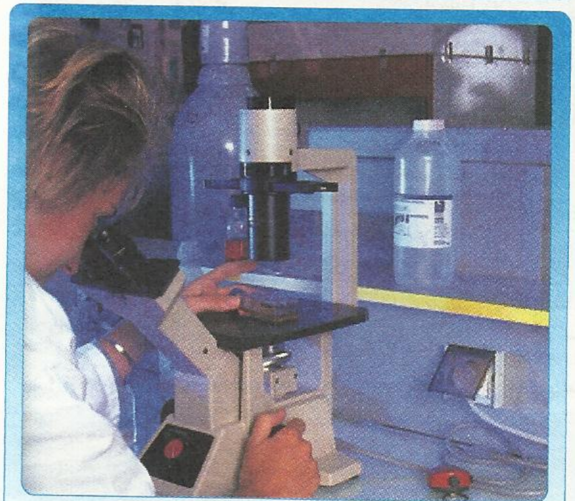
صناعة وتطوير وتوظيف الأجهزة قصد تشخيص الأمراض ومعالجتها، وبالتالي تحسين المستوى الصحي للإنسان.

ميدان الطاقة النووية

إيجاد طرق وأساليب جديدة لاستثمار الطاقة النووية، وتحسين شروط السلامة في المفاعلات النووية.

ميدان الصناعة

تطوير مختلف التكنولوجيات المستعملة في الصناعات سواء الخفيفة منها أو الثقيلة.



⑥ ميكروسكوب

② بعض الأسئلة التي تطرح على الفيزيائي

سواء تعلق الأمر بالميدان المهني أو بمجال البحث العلمي، وخلال سعيه لتحليل وفهم ظاهرة ما من أجل دراستها بشكل صحيح، يجيب الفيزيائي على مجموعة من الأسئلة التي تساعده على وضع الخطط المناسبة.

فمثلا عند دراسة ظاهرة تتطور مع الزمن، والسعي إلى بناء نموذج ملائم، تطرح على الفيزيائي أسئلة من قبيل :

- ما المقادير المناسبة التي تسمح بوصف تطور الظاهرة ؟
- ما البارامترات الخارجية التي تتحكم في تطور الظاهرة ؟
- هل يمكن تمييز تطور الظاهرة بزمن مميز واحد أم بعدة أزمنة مميزة ؟
- هل تطور الظاهرة سريع أم بطيء ؟ هل هو رتيب أم متغير ؟ هل هو دوري أم لا دوري ؟...

الحصيلة

- **ترتبط الفيزياء بشتى مناحي الحياة، حيث تساهم في تطوير ميادين مختلفة مثل : الفضاء، والطب، و الطاقة....**
- **خلال أنشطته المهنية، أو في مجال البحث العلمي، تطرح على الفيزيائي مجموعة من الأسئلة التي يسعى لإيجاد حلول لها.**
- **لحل المسائل التي تصادفه، يستخدم الفيزيائي عناصر المنهج العلمي، انطلاقا من ملاحظة الظاهرة، ومروراً ببناء وتوظيف نموذج نظري أو تجريبي، وانتهاءً باستخلاص النتائج.**

الجزء الأول : الموجـات Les ondes

انتشار موجة ميكانيكية على سطح الماء

قوس قزح ظاهرة طبيعية تنتج عن تبدد موجة الضوء الأبيض

امتدادات مرتقبة وتقاطعات مع مواد دراسية أخرى

الفيزياء والكيمياء : الإشعاعات γ ـ نقل معلومة بواسطة الموجات الكهرمغنطيسية.

علوم الحياة والأرض : استهلاك المادة العضوية وتدفق الطاقة ـ المواد المشعة والطاقة النووية .

الرياضيات : الدوال.

الفلسفة : النظرية والتجربة.

تصميم الجزء الأول

الوحدة 1 : الموجات الميكانيكية المتوالية

الوحدة 2 : الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

الوحدة 3 : انتشار موجة ضوئية

الوحدة 4 : حيود الضوء بواسطة شبكة

المكتسبات القبلية الأساسية

- الربط بين المسافة والسرعة؛
- الطاقة الميكانيكية لجسم صلب؛
- الانتشار المستقيمي للضوء؛
- قانونا ديكارت للانكسار؛
- إنجاز قياسات بواسطة راسم التذبذب أو حاسوب.

1

الموجات الميكانيكية المتوالية

Les ondes mécaniques progressives

يَنتج عن حدوث اضطراب على سطح الماء تَكوُّن موجة ميكانيكية تنتقل بسرعة معينة.

فما الموجة الميكانيكية ؟ وما أنواعها وخواصها ؟وكيف نقيس سرعة انتشارها ؟

الأهداف

- تعرُّف الموجة الميكانيكية وسرعة انتشارها ؛
- تعريف وتعرُّف الموجة الطولية والموجة المستعرضة ؛
- تعرُّف واستغلال الخواص العامة للموجات ؛
- استغلال العلاقة بين التأخر الزمني والمسافة وسرعة الانتشار.

النشاط 1 أمثلة لموجات ميكانيكية أحادية البعد نشاط تجريبي

ما الموجة الميكانيكية ؟ وكيف تنتشر ؟ وماسرعة انتشارها ؟

العدة التجريبية : حبل متوسط السمك طويل نسبيا، نابض ذو لفات غير متصلة، سلم ببغاء، كاميرا.

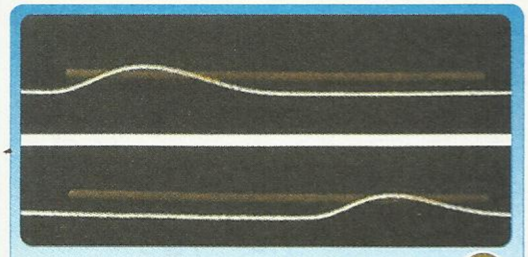
- نسجل بواسطة كاميرا ذات سرعة كبيرة، التجارب التالية، ثم نعرضها صورة بعد صورة أو نعرضها بالعرض البطيء. عند تعذر ذلك يمكن تحميل أشرطة هذه التجارب وتجارب أخرى من الموقعين التاليين :

www.nathan.fr/siriuslycée • و www.editions-belin.com •

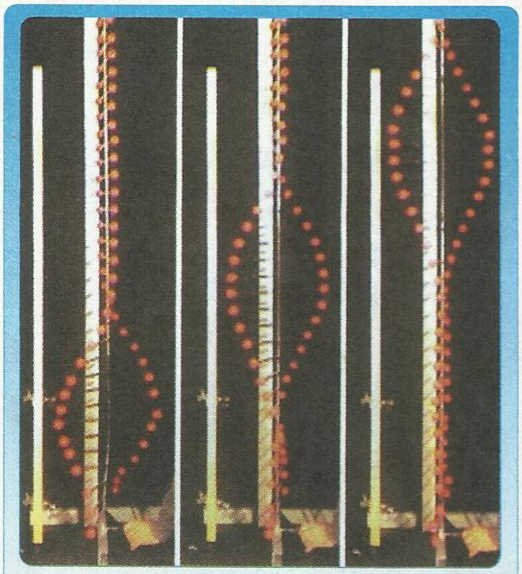
- نأخذ حبلا ونضعه على الأرض، ونثبت أحد طرفيه، ثم نقوم بتحريك طرفه الآخرمن أعلى إلى أسفل (الشكل 1).
- يتكون جهاز سلم ببغاء من عدة قضبان مماثلة مشدودة في منتصفها إلى شفرة فلزية عمودية قابلة للي.

ندير القضيب الأسفل لجهاز سلم ببغاء بزاوية ثم نحرره (الشكل 2).

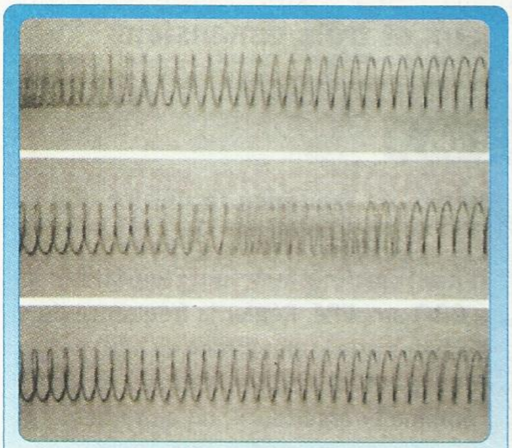
- نضع نابضاً لفاته غيرمتصلة على الأرض، ونضغط على بعض اللفات عند طرفه ثم نحررها فجأة (الشكل 3).



1 انتشار التشوه طول الحبل.
المدةبين الصورتين هي : 80 ms



2 انتشار التشوه من الأسفل إلى الأعلى طول سلم ببغاء. المدة بين صورتين متتاليتين هي 1s



3 انتشار نحو اليمين لتشوه طول نابض.
المدة بين صورتين متتاليتين هي :120 ms

استثمار :

1. صِف، في كل حالة، التشوه البدئي للوسط، واذكر طبيعة الوسط.
2. بالنسبة لكل تجربة :
   - 1.2 ـ قارن بين حالات الوسط في مختلف الصور.
   - 2.2 ـ لماذا يجب أن نقول إن الموجة تنتشر عوض تنتقل ؟
   - 3.2 ـ هل يصاحب انتشار الموجة انتقال للمادة ؟ علل إجابتك.
3. اِقترح تعريفا للموجة الميكانيكية.
4. ننعت **الموجة بالمستعرضة** عندما يكون اتجاه تشوهها عموديا على اتجاه انتشارها. وننعت **الموجة بالطولية** عندما يكون اتجاه التشوه هو اتجاه انتشارها. من بين الموجات المدروسة، حدد المستعرضة منها والطولية.
5. أُحسب بالنسبة لكل تجربة سرعة انتشار الموجة علما أنه :
   - ـ في الشكل 1 : طول المسطرة هو : 1,15 m.
   - ـ في الشكل 2 : طول المسطرة هو : 1,45 m.
   - ـ في الشكل 3 : قطر كل لفة هو : 7 cm.

نسمي المنبع S، نقطة الوسط التي أحدث فيها التشوه. تنجز نقطة M من الوسط نفس حركة المنبع S، عندما تصلها الموجة، وذلك بتأخر زمني قدره τ. عبر عن τ بدلالة المسافة SM وسرعة انتشار الموجة v.

موجة	onde	انتشار	propagation	تشوه	déformation	طولية	longitudinale
وسط	milieu	مرن	élastique	مستعرضة	transversale	سلم ببغاء	échelle de perroquet

النشاط 2 تأثير خاصيات الوسط على سرعة الانتشار نشاط تجريبي

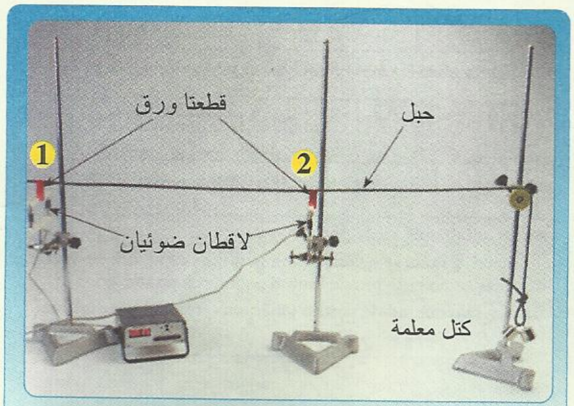
كيف تؤثر خاصيات الوسط على سرعة انتشار موجة ؟

المناولة 1 : تأثير التوتر والكتلة الطولية لحبل على سرعة انتشار موجة طول الحبل

العدة التجريبية : حبل ، كتل معلمة، ميقت، لواقط ضوئية، مسطرة، ميزان.

- نثبت على الحبل قطعتين من الورق بحيث توجد كل منهما بين طرفي لاقط ضوئي (الشكل4).
- نحدث موجة طول حبل، فيسجل الميقت المدة الزمنية Δt الفاصلة بين حركة قطعتي الورق، وهي المدة الزمنية التي تستغرقها الموجة لقطع المسافة بين اللاقطين الضوئيين.
- نقوم بعدة قياسات للمدة Δt بعد تغيير :

- توتر الحبل وذلك بتغيير الكتلة المعلمة.
- الحبل بآخر أكثر سمكا أو أقل سمكا.



4 التركيب التجريبي
يشتغل الميقت لحظة اهتزاز قطعة الورق 1
ويتوقف لحظة اهتزاز قطعة الورق 2

استثمار :

1. ما المقدار الفيزيائي الذي يجب قياسه أولا ، قبل تحديد سرعة انتشار الموجة ؟
2. من خلال قياسات السرعة المحصلة.

1.2 - هل تتأثر السرعة بتوتر الحبل ؟ إذا كان الجواب نعم، كيف يكون هذا التأثير ؟

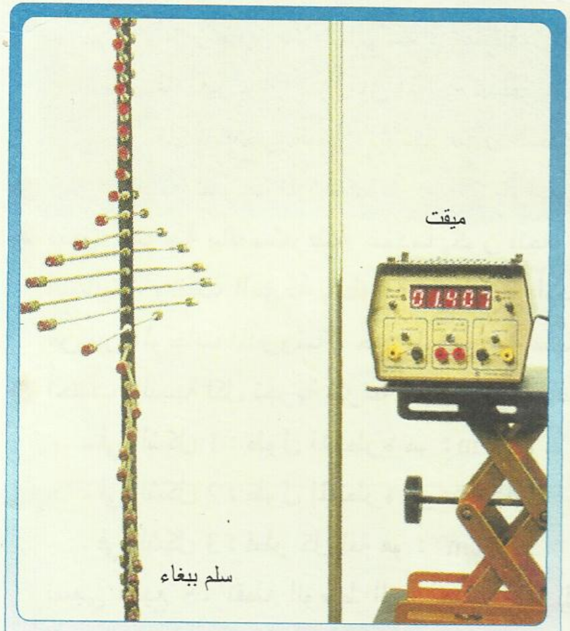
2.2 - هل تتعلق سرعة الانتشار بالكتلة الطولية $\mu = \frac{m}{L}$ للحبل حيث m كتلة الحبل و L طوله ؟ إذا كان الجواب نعم، كيف يكون هذا التأثير؟

المناولة 2 : تأثير قصور وسط على سرعة انتشار موجة

العدة التجريبية : سلم ببغاء، ميقت، مسطرة.

- ندير القضيب الأسفل لسلم ببغاء بزاوية α ثم نحرره، وفي نفس الوقت نشغل الميقت (الشكل 5).
- نقيس المدة الزمنية Δt التي تستغرقها الموجة للوصول إلى أعلى السلم.
- نعيد التجربة بتغيير الزاوية α ثم بتغيير طول قضبان سلم ببغاء.

يمثل الجدول التالي نموذجا للنتائج المحصّلة، عند تغيير طول قضبان السلم.



5 التركيب التجريبي

طول القضبان (cm)	25	30	37
المدة الزمنية Δt (s)	3,0	3,5	4,0

لاقط ضوئي	photocapteur	كتلة طولية	masse linéique	قصور	inertie	ميقت	chronomètre

استثمار :

1. هل تتعلق سرعة انتشار موجة طول سلم ببغاء بالزاوية α ؟
2. هل تتعلق سرعة الانتشار بطول القضبان ؟ كيف ذلك ؟
3. يُعبِّر قصور جسم صلب عن مقاومة هذا الجسم لتغير سرعته. فكلما كانت كتلة الجسم كبيرة كلما صعب تحريكه، أي كبر قصوره. بالنسبة لجسم صلب في دوران حول محور ثابت، فإن توزيع الكتلة حول هذا المحور يؤثر على حركته. فكلما كانت الكتلة موزعة بعيدا عن محور الدوران، كلما صعب إحداث دورانه، أي كبر قصوره.

1.3 - عندما نزيد في طول قضبان سلم ببغاء، كيف يتغير قصور وسط الانتشار ؟

2.3 - من خلال هذه المناولة والمناولة السابقة ، استنتج تأثير قصور وسط الانتشار على سرعة الانتشار.

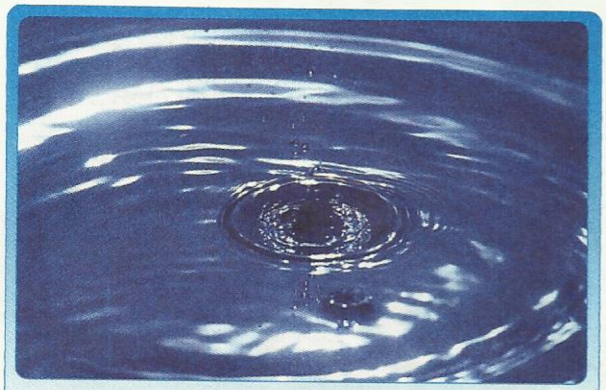
النشاط ③ انتشار موجة في وسط ثنائي أو ثلاثي البعد نشاط تجريبي

كيف تنتشر موجة على سطح الماء والموجة الصوتية ؟ وما مميزاتهما ؟

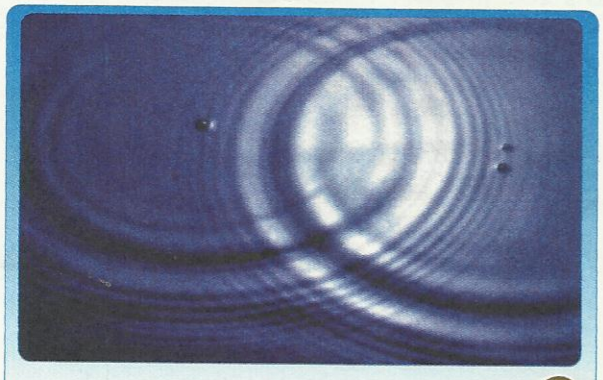
المناولة 1 : انتشار موجة على سطح الماء (موجة ثنائية البعد)

العدة التجريبية : حوض الموجات، قطعة فلين.

- نضع قطعة فلين على سطح الماء.
- نسقط حجراً صغيراً على سطح الماء.



⑥ انتشار موجة على سطح الماء



⑦ تراكب موجتين على سطح الماء

استثمار :

1. ماذا تلاحظ عند اصطدام الحجر بسطح الماء ؟
2. هل الموجة المنتشرة على سطح الماء مستعرضة أم طولية ؟ علل إجابتك.
3. صِف حركة قطعة الفلين عند وصول الموجة إليها. هل يحدث انتقال للمادة خلال انتشار الموجة ؟
4. يبين الشكل 7 تراكب موجتين تنتشران على سطح الماء. قارن بين تراكب موجتين على سطح الماء وتلاقي جسمين صلبين. ماذا تستخلص ؟

حوض الموجات	cuve à onde	فلين	liège	بُعد	dimension	تراكب	superposition

المناولة 2 : الموجة الصوتية (موجة ثلاثية الأبعاد)

العدة التجريبية : إناء زجاجي على شكل ناقوس، مِرنَّة، مضخة مفرغة للهواء، طبلتان، كرة الطاولة، منفاخ، ميكروفون، راسم التذبذب، أسلاك الربط.

استثمار :

1 . يتكون التركيب التجريبي الممثل في الشكل8 من مضخة مُفرِغة للهواء مرتبطة بإناء زجاجي بداخله مِرنة.
. نشغل المرنة، و بواسطة المضخة نفرغ الإناء الزجاجي من الهواء.

1. 1 - ماذا يحدث للصوت المنبعث من المرنة بعد تفريغ الإناء الزجاجي من الهواء؟

2. 1 - هل ينتشر الصوت في الفراغ؟

3. 1 - هل يحتاج الصوت لوسط مادي كي ينتشر؟

2 أنجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل 9.
عند النقر على الطبلة الأولى، تنتشر موجة صوتية تؤدي إلى اهتزاز غشاء الطبلة الثانية.

1. 2 - صِف ما يحدث لكرة الطاولة.

2. 2 - ما نوع الموجات الصوتية ؟ هل هي موجات مستعرضة أم طولية ؟ علل إجابتك.

3 صِل ميكروفوناً براسم تذبذب ذاكراتي.

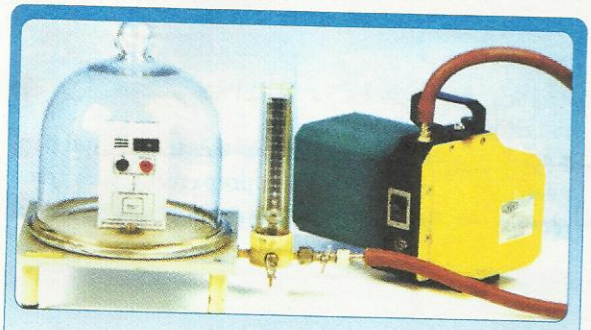
1. 3 - أنقر على طبلة أمام الميكروفون، وتأكد من الحصول على رسم تذبذبي كالموجود في الشكل 10.

2. 3 - عوِّض الطبلة بمنفاخ، وضع أنبوبه أمام الميكروفون. اضغط على المنفاخ وتأكد من الحصول على رسم تذبذبي كالموجود في الشكل 11.

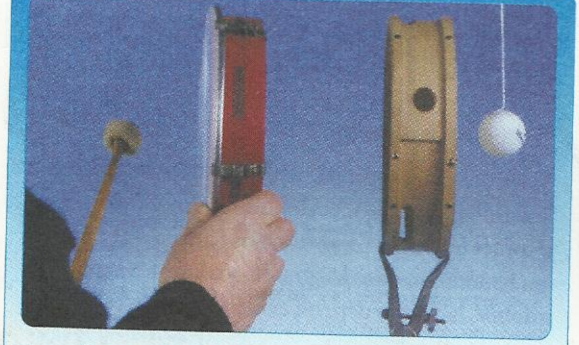
3.3 - قارن بين الرسمين التذبذبيين المحصَّلين.

4. 3 - استنتج طبيعة الموجات الصوتية.

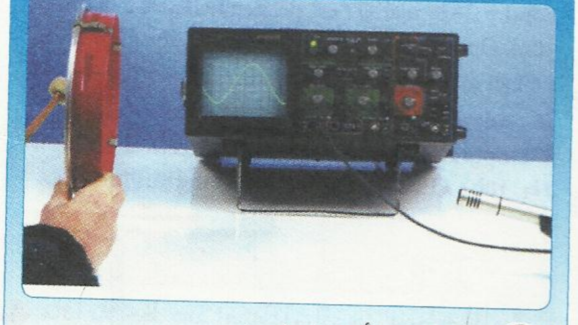
4 هل الصوت موجة أحادية البعد أم ثنائية البعد أم ثلاثية البعد؟ علل إجابتك.



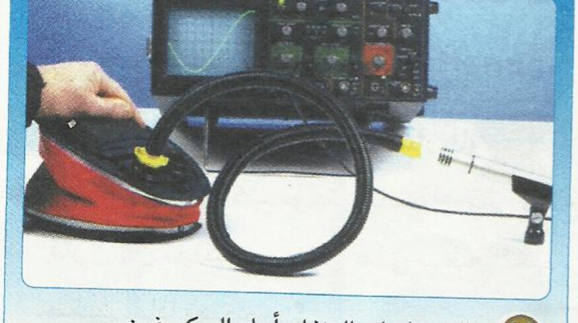
8 مرنة داخل إناء زجاجي مفرغ من الهواء



9 تركيب تجريبي يبين نوع الموجة الصوتية



10 نقر الطبلة أمام الميكروفون



11 الضغط على المنفاخ أمام الميكروفون

ناقوس	cloche	مضخة مفرغة	pompe à vide	طبلة	tambourin
موجة صوتية	onde sonore	منفاخ	gonfleur	مرنة	sonnette

1 الموجة الميكانيكية

1.1 - مفهوم التشويه :

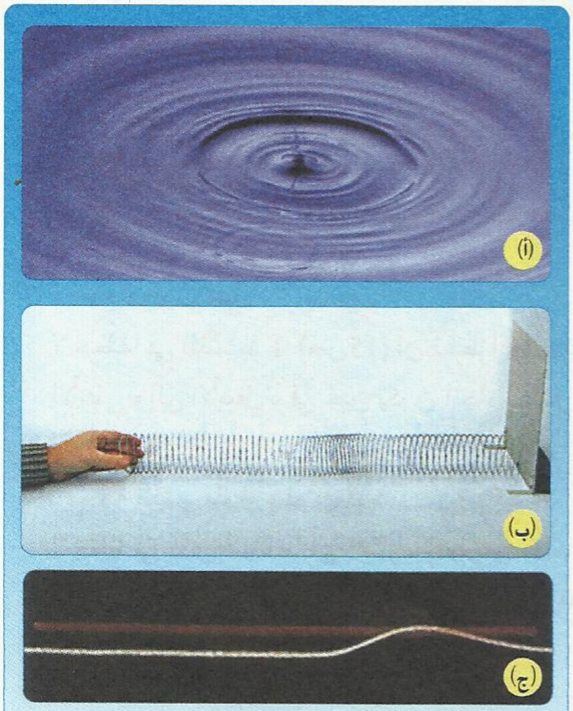
التشويه تغير محلي ومؤقت لخاصية أو عدة خصائص فيزيائية لوسط معين.

أمثلة :

تشويه حبل عند أحد طرفيه، كبس لفات نابض، تشويه سطح الماء عند سقوط حجر عليه. . . .

يسمى الحيز الذي انطلق منه التشويه " منبع الموجة" وعادة ما يُنمذج هذا الحيز بنقطة يرمز لها بالحرف S.

الحبل والنابض والماء. . . **أوساط الانتشار**، وهي أوساط **مادية مرنة** (الشكل 12).



12 انتشار تشوهات في أوساط مختلفة :
(أ) على سطح الماء ؛
(ب) طول نابض ؛
(ج) طول حبل.

2.1 - الموجة الميكانيكية :

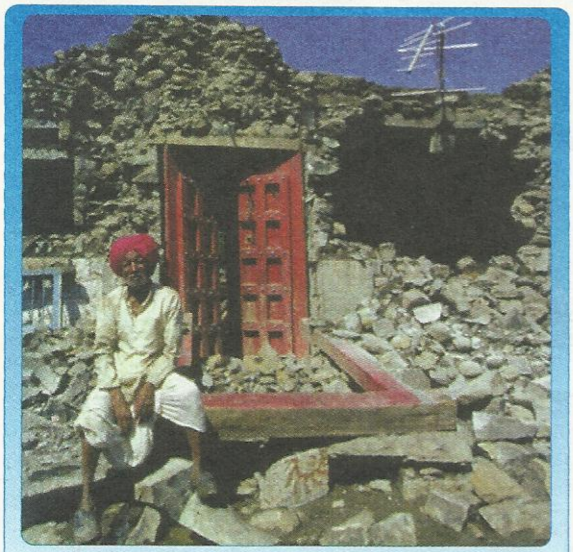
عند حدوث تشويه في نقطة من وسط مادي، فإن هذا التشويه ينتقل تدريجيا إلى النقط الأخرى المجاورة. وعند مراقبة نقطة M من وسط الانتشار، نلاحظ أنها تتحرك أثناء مرور التشويه بها ، ثم ترجع إلى موضعها البدئي، وتستقر بعد اجتيازه لها (نشاط 1 ص15).

نسمي **موجة ميكانيكية** ظاهرة انتشار تشوه في وسط مادي مرن دون انتقال للمادة التي تُكوِّن هذا الوسط.

3.1 - الموجة الميكانيكية المتوالية :

الموجة الميكانيكية المتوالية هي تتابع مستمر، لاينقطع، لإشارات ميكانيكية، ناتج عن اضطراب مصان ومستمر لمنبع الموجات.

يصاحب انتشار موجة انتقال للطاقة.



13 يصاحب حدوث الزلازل انتشار طاقة هائلة، قد تؤدي إلى كوارث. هذه صورة لمخلفات الزلزال الذي وقع بالهند سنة 1994

موجة	onde	وسط الانتشار	milieu de propagation	متوالية	progressive	انتقال	transfert

4.1 ـ الموجة المستعرضة ـ الموجة الطولية

أ ـ الموجة المستعرضة

الموجة المستعرضة موجة يكون فيها اتجاه تشويه الوسط عموديا على اتجاه الانتشار.

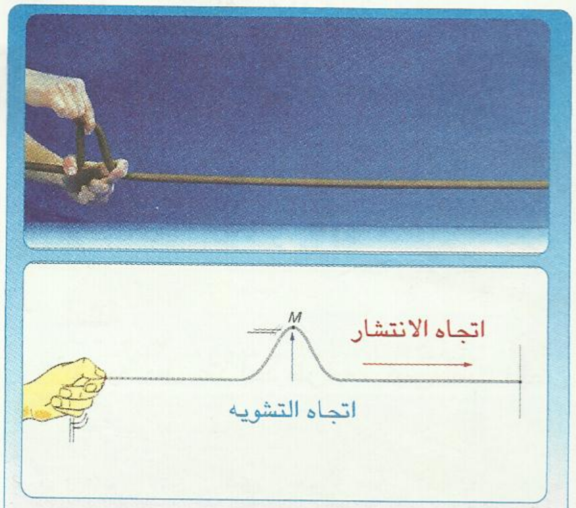
أمثلة :

- موجة طول حبل :

لاحظنا في النشاط 1 (ص15) أن نقط الحبل تتحرك عموديا إلى الأعلى وإلى الأسفل، في حين يكون اتجاه انتشار الموجة أفقياً في اتجاه طول الحبل.

- موجة تنتشر طول سلم ببغاء :

لاحظنا في نفس النشاط أن التشوه (دوران قضبان سلم ببغاء) يتم في مستوى أفقي، عموديا على محور السلم الذي يوافق اتجاه الانتشار.



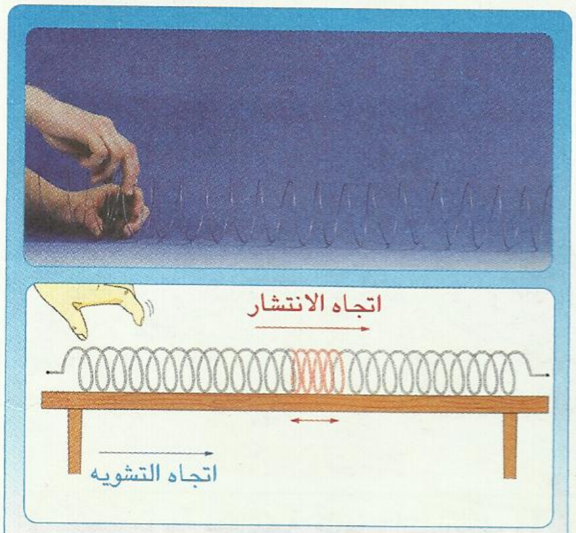
14 انتشار موجة طول حبل

ب ـ الموجة الطولية

الموجة الطولية موجة يكون فيها اتجاه تشويه الوسط على استقامة واحدة مع اتجاه الانتشار.

مثال : انتشار موجة طول نابض.

لاحظنا في النشاط 1 (ص15)، أنه عند كبس لفات نابض وتحريرها فجأة، تتقارب اللفات تدريجيا (انضغاط)، بينما تتباعد أخرى (تمدد)، وينتشر التشوه طول النابض على شكل انضغاطات وتمددات متتالية. ويلاحظ أن لفات النابض تتحرك أفقيا في اتجاه طوله. كما أن الموجة تنتشر أفقيا في اتجاه طول النابض أيضا.



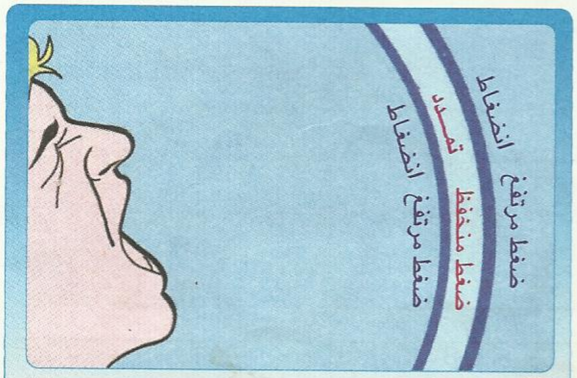
15 انتشار موجة طول النابض

5.1 ـ الموجات الصوتية

أ ـ الصوت موجة ميكانيكية

الصوت موجة ميكانيكية ، يتطلب انتشاره وسطا ماديا مرنا.
ينتشر الصوت في الأجسام السائلة والأجسام الصلبة والأجسام الغازية.

مثال : (النشاط 3 ص17)، عند تفريغ الإناء الزجاجي من الهواء يختفي صوت المرنة. وهذا يدل على أن الصوت لاينتشر في الفراغ، بل يحتاج إلى وسط مادي للانتشار.



16 رسم يوضح كيف ينتشر الصوت نتيجة انضغاط وتمدد طبقات الهواء

انضغاط	compression
تمدد	dilatation
لفة	spire
عمودي	perpendiculaire

ب ـ الصوت موجة طولية

الصوت موجة طولية، تنتشر نتيجة انضغاط ـ تمدد وسط الانتشار.

مثال : (النشاط 3 المناولة 2 ص18).

ـ عند النقر على الطبلة الأولى، تنتشر موجة صوتية تؤدي إلى اهتزاز غشاء الطبلة الثانية، والذي يؤدي بدوره إلى تحريك كرة الطاولة أفقيا. مما يدل على أن اتجاهي التشويه والإنتشار يوجدان على استقامة واحدة. الصوت إذن **موجة طولية**.

ـ عند الضغط على المنفاخ يحدث تشوه، وهو عبارة عن انضغاط ـ تمدد، فيلاحظ على شاشة راسم التذبذب شكل مطابق للرسم التذبذبي المحصّل عند النقر على الطبلة، الشيء الذي يبين أن الصوت عبارة عن **انضغاط وتمدد** لوسط الانتشار.

② الخواص العامة للموجة

1.2 ـ اتجاه انتشار موجة

تنتشر موجة، انطلاقا من منبعها في جميع الاتجاهات المتاحة لها.

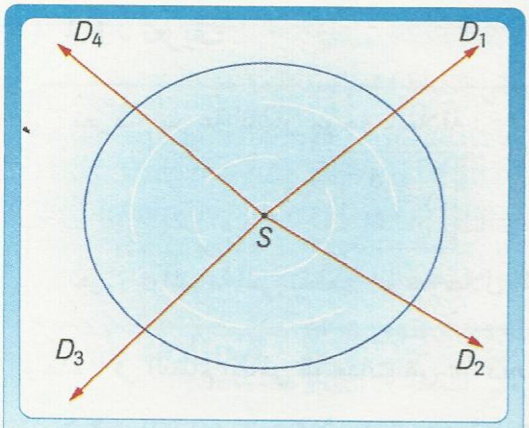
- في وسط أحادي البعد، تنتشر الموجة وفق اتجاه واحد (أمثلة : موجة طول حبل، موجة طول نابض...).
- في وسط ثنائي البعد، كالمستوى ، تنتشر الموجة في جميع الاتجاهات التي تنتمي إلى هذا المستوى(مثال : موجة على سطح الماء، الشكل 17).
- في وسط ثلاثي البعد، تنتشر الموجة في جميع اتجاهات الفضاء. (مثال : الموجة الصوتية، الشكل 18).

2.2 ـ تراكب موجتين ميكانيكيتين

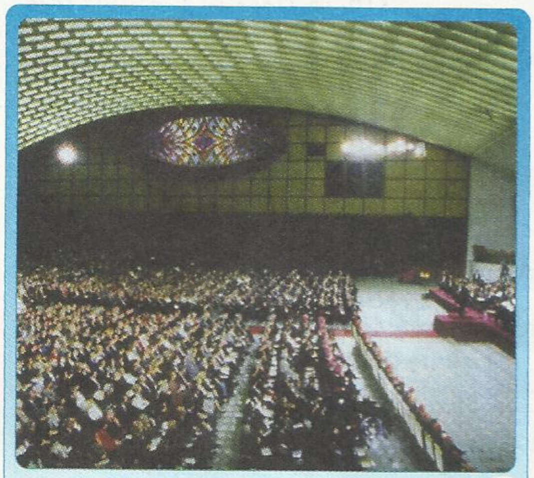
عند التقاء موجتين ميكانيكيتين، فإنهما تتراكبان. وبعد الالتقاء يستمر انتشار كل منهما دون تأثير ناتج عن تراكبهما، بحيث تحتفظ كل موجة بنفس المظهر ونفس سرعة الانتشار.

ملحوظة :

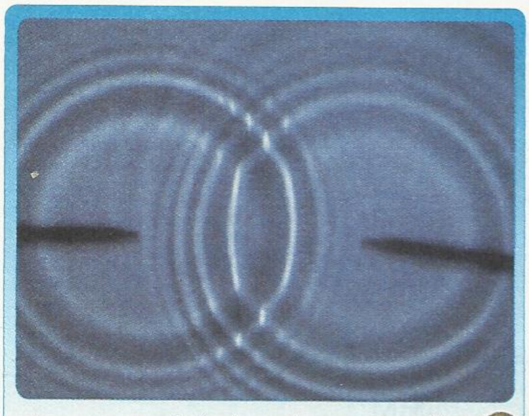
تتحقق هذه الخاصية فقط بالنسبة لموجات ذات تشوه جد ضعيف.



⑰ تنتشر موجة على السطح في جميع اتجاهات مستوى سطح الماء



⑱ ينتشر الصوت المنبعث من الموسيقى في جميع الاتجاهات ليصل إلى المستمع أينما كان موضعه في القاعة



⑲ تراكب موجتين على سطح الماء

تراكب	superposition	تشوه	déformation	انتشار	propagation

③ سرعة انتشار موجة

1.3 - تعريف

تُعرَّف سرعة انتشار موجة بالعلاقة :

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

حيث d المسافة التي تقطعها الموجة خلال المدة الزمنية Δt.

وحدة v في النظام العالمي للوحدات هي : $m.s^{-1}$.

وسط الانتشار	سرعة الانتشار ($m.s^{-1}$) عند الضغط 10^5 Pa
الهواء (20°C)	$3,40.10^2$
الهيليوم (0°C)	$9,65.10^2$
الهيدروجين (0°C)	$1,28.10^3$
الماء (20°C)	$1,48.10^3$
الفولاذ	$5,94.10^3$
الغرانيت	$6,00.10^3$

تتعلق سرعة انتشار موجة صوتية بطبيعة وسط الانتشار، خاصة من حيث مرونته، وقصوره، ودرجة حرارته

2.3 - العوامل المؤثرة على سرعة الانتشار

أ - تأثير مرونة الوسط

مثال : النشاط 2 المناولة1(ص16).

إذا ازداد توتر الحبل، تزداد سرعة انتشار الموجة. فالسرعة إذن ترتبط بمرونة الوسط.

ب - تأثير قصور الوسط

أمثلة : النشاط 2 (ص16).

- بالنسبة لحبلين لهما نفس التوتر، تكون سرعة انتشار الموجة أصغر في الحبل ذي الكتلة الطولية الأكبر.
- بالنسبة لسلم ببغاء، عند ازدياد طول القضبان تنقص سرعة الانتشار، وهكذا تنقص سرعة الانتشار كلما ازداد قصور وسط الانتشار.

بالنسبة لوسط مادي متجانس تكون سرعة انتشار موجة مستقلة عن شكل التشوه وعن مدته، فهي تتعلق بطبيعة وسط الانتشار، خاصة من حيث مرونته، وقصوره، ودرجة حرارته.

④ مفهوم التأخر الزمني

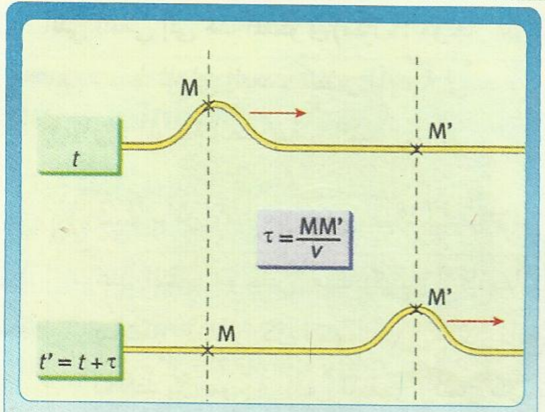
نعتبر موجة ميكانيكية تنتشر في وسط أحادي البعد، دون خمود، كالموجة المنتشرة طول حبل مثلا.

عند إحداث تشوه عند S أحد طرفي الحبل في لحظة نعتبرها أصلا للتواريخ t = 0 ، ينتشر هذا التشوه بسرعة v، ليصل إلى نقطة M في لحظة t.

في لحظة t' يصل التشوه إلى النقطة M'، فتعيد هذه النقطة نفس حركة النقطة M **بتأخر زمني** τ.

τ هو إذن التأخر الزمني لحركة M' بالنسبة لحركة النقطة M حيث :

$$\tau = \frac{MM'}{v}$$



20 مظهر الحبل في اللحظتين t و t' ، حيث $t' = t + \tau$ ، τ هو تأخر حركة M' بالنسبة لحركة M

مرونة	élasticité	قصور	inertie	تأخر زمني	retard

تمرين تطبيقي

نحدث موجة ميكانيكية ، عند S طرف حبل في لحظة $t = 0$ ، فتنتشر بسرعة $v = 5,0\,ms^{-1}$.

1 - هل تكون النقطة M التي تبعد عن المنبع S بالمسافة 10 m في حركة عند اللحظة $t = 2,5s$ ؟ علل إجابتك .

2 - نفس السؤال بالنسبة لنقطة N تبعد عن S بالمسافة 15 m .

المدة التي يستغرقها التشوه هي : $\Delta t = 0,2s$.

حـــل

1 - التأخر الزمني للنقطة M بالنسبة لـ S هو :

$$\tau = \frac{SM}{v} = \frac{10}{5,0} = 2,0s$$

وباعتبار المدة التي يستغرقها التشوه، تكون الموجة قد تجاوزت النقطة M عند اللحظة $\tau + \Delta t = 2,2s$.

إذن في اللحظة 2,5 s تكون M قد أصبحت في حالة سكون .

2 - التأخر الزمني للنقطة N : $\tau' = \frac{SN}{v} = 3,0s$.

ستبدأ N حركتها في اللحظة 3,0 s، و عند اللحظة 2,5 s تكون في سكون لأن التشوه لم يصلها بعد.

الحصيلة

الموجة الميكانيكية المتوالية :

- **نسمي موجة ميكانيكية ظاهرة انتشار تشوه في وسط مادي مرن دون انتقال للمادة.**
- **تكون الموجة الميكانيكية متوالية عندما يكون اضطراب منبع الموجة مصاناً.**
- **في الموجة المستعرضة يكون اتجاه التشويه عموديا على اتجاه الانتشار.**
- **في الموجة الطولية يكون اتجاه التشويه على نفس استقامة اتجاه الانتشار.**
- **الصوت موجة ميكانيكية متوالية طولية، يتم انتشارها نتيجة انضغاط ـ تمدد وسط الانتشار.**

الخواص العامة للموجة :

- **تنتشر الموجة، انطلاقا من منبعها في جميع الاتجاهات المتاحة لها.**
- **عند تراكب موجتين، فإنهما تستمران في الانتشار دون حدوث تغيير في شكليهما.**
- **يصاحب انتشار موجة انتقال للطاقة.**

سرعة انتشار موجة ـ التأخر الزمني :

- **سرعة انتشار موجة هو خارج قسمة المسافة d التي تقطعها الموجة على المدة الزمنية Δt المستغرقة :**

$$\boxed{v = \frac{d}{\Delta t}} \qquad (m.s^{-1})$$

- **تتعلق سرعة انتشار موجة بطبيعة وسط الانتشار.**

التأخر الزمني :

- **في غياب الخمود، تعيد كل نقطة من الوسط نفس حركة المنبع S.**
- **تعيد نقطة M' حركة S بتأخر زمني τ :** $\boxed{\tau = \frac{SM'}{v}}$.
- **بصفة عامة، التأخر الزمني لحركة نقطة M' بالنسبة للنقطة M هو :** $\boxed{\tau' = \frac{MM'}{v}}$.

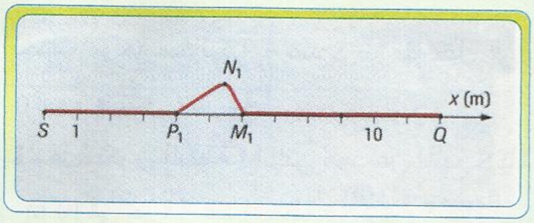
بحيث : $t' + t + \tau'$:

t : لحظة وصول الموجة للنقطة M .

t' : لحظة وصول الموجة للنقطة M' . $(t' > t)$

تمرين محلول

انتشار موجة طول حبل



نحدث في لحظة $t = 0$ تشوها في نقطة S من حبل. يعطي الشكل جانبه مظهر الحبل في لحظة تاريخها : $t_1 = 2,4s$ ، حيث M_1 موضع مقدمة التشويه عند اللحظة t_1 ، و N_1 موضع ذروته ، و P_1 موضع مؤخرته.

1 - هل الموجة المنتشرة طول الحبل طولية أم مستعرضة ؟ علل إجابتك.

2 - أُحسب سرعة انتشار الموجة طول الحبل.

3 - ما المدة الزمنية Δt التي تستغرقها حركة نقطة ما من الحبل ؟

4 - حدد عند t_1 النقط التي تنجز حركة نحو الأسفل، والنقط التي تنجز حركة نحو الأعلى.

5 - مثل مظهر الحبل عند اللحظة $t_2 = 3,6s$.

6 - نعتبر نقطة Q تبعد عن النقطة S بالمسافة 12,0 m .

1.6 - في أي لحظة تبدأ النقطة Q بالحركة ؟

2.6 - في أي لحظة تتوقف النقطة Q عن الحركة ؟

حـــل

1 - الموجة المنتشرة طول الحبل مستعرضة لأن اتجاه التشويه عمودي على اتجاه الانتشار.

2 - تقطع الموجة المسافة SM_1 خلال المدة الزمنية t_1 إذن : $v = \frac{SM_1}{t_1} = \frac{6,0}{2,4} = 2,5 m.s^{-1}$

3 - عند مرور الموجة تستغرق حركة كل نقطة من الحبل المدة الزمنية Δt حيث :

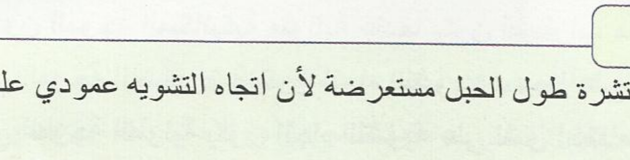
$$\Delta t = \frac{P_1M_1}{v} = \frac{2,0}{2,5} = 0,8s$$

4 - عند وصول الموجة لنقطة ما من الحبل، فإنها تنجز حركة نحو الأعلى ثم تتوجه نحو الأسفل لتستقر في موضعها الأول؛ وهكذا فإن نقط القطعة (N_1M_1) تتحرك نحو الأعلى بينما نقط القطعة (N_1P_1) تتحرك نحو الأسفل.

5 - في اللحظة $t_2 = 3,6s$ تصل مقدمة الموجة إلى نقطة R حيث :

$$SR = v.t_2 = 2,5 \times 3,6 = 9,0m$$

نحصل على مظهر الحبل بإعادة نفس شكل التشوه، بحيث تكون مقدمته في النقطة R.



6 -

1.6 - تبدأ النقطة Q بالحركة في اللحظة t_3 : $t_3 = \frac{SQ}{v} = \frac{12}{2,5} = 4,8s$.

2.6 - تتوقف النقطة Q عن الحركة في اللحظة t_4 :

$t_4 = t_3 + \Delta t = 4,8 + 0,8 = 5,6s$.

إرشادات

1 - استذكار تعريف الموجة المستعرضة والموجة الطولية.

2 - استحضار تعريف سرعة انتشار موجة.

3 - استغلال مظهر الحبل لتحديد مدة حركة نقطة ما.

5 - معرفة أن كل نقطة من الحبل تعيد نفس حركة المنبع S بتأخر زمني.

6 -

- استعمال العلاقة : $v = \frac{d}{\Delta t}$.
- تؤخذ مدة التشويه في الاعتبار.

تمارين لاختبار المعارف

① انقل النص التالي على دفترك واملإ الفراغ :

1 - عند انتشار تشوه في وسط مادي معين نقول إن............ تنتشر في هذا الوسط .

2 - لكي تنتشر موجة في وسط مادي يجب أن يكون هذا الأخير............ .

3 - تكون الموجة الميكانيكية .... إذا كان اتجاه التشويه عموديا على اتجاه الانتشار . وتكون الموجة الميكانيكية .... إذا كان اتجاه التشويه على استقامة واحدة مع اتجاه الانتشار .

② صحيح أم خطأ :

1 - يصاحب انتشار موجة انتقال للمادة .

2 - أثناء انتشار موجة تنتقل الطاقة .

3 - تتعلق سرعة انتشار موجة بطبيعة الوسط .

4 - تنتشر موجة صوتية بنفس السرعة سواء في الفراغ أوفي الهواء .

5 - عند التقاء موجتين ميكانيكيتين تنعكس الواحدة على الأخرى .

③ إختر الجواب الصحيح :

1 - الموجة المنتشرة طول حبل :

■ طولية ■ مستعرضة

2 - تخضع نقطة M من الحبل لنفس التشويه الذي خضع له المنبع S بتأخر زمني τ يساوي :

■ $\frac{SM}{v}$ ■ $v \times SM$ ■ $\frac{v}{SM}$

تمارين تطبيقية

④ 1 - من بين الوضعيات التالية : حدد تلك التي تطابق انتشار موجة .

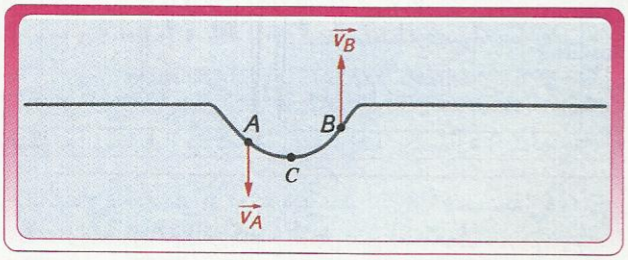
أ - انتقال دراجة على الطريق بسرعة ثابتة .

ب - تأثير سقوط حجر على سطح الماء .

ج - تشويه طرف نابض وتحريره فجأة .

2 - في حالة انتشار موجة، حدد نوعها (طولية أو مستعرضة) .

⑤ تنتشر موجة طول حبل . يُمثل الشكل أسفله مظهر الحبل في لحظة t حيث $\vec{v}_A$ و $\vec{v}_B$ سرعتا نقطتين من الحبل عند هذه اللحظة .

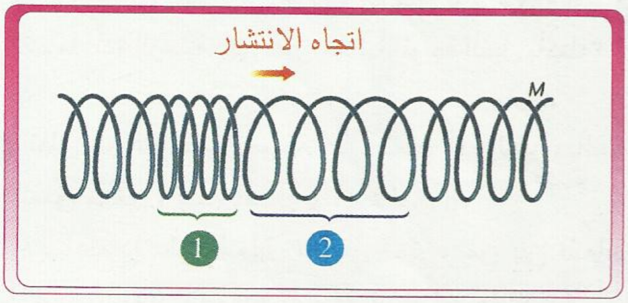


1 - عيِّن منحى انتشار الموجة طول الحبل .

2 - حدد منحى حركة النقطة C .

⑥ نحدث موجة طول نابض وذلك بضغط بعض من لفاته، وتحريرها فجأة .

يمثل الشكل أسفله حالة النابض في لحظة معينة t .



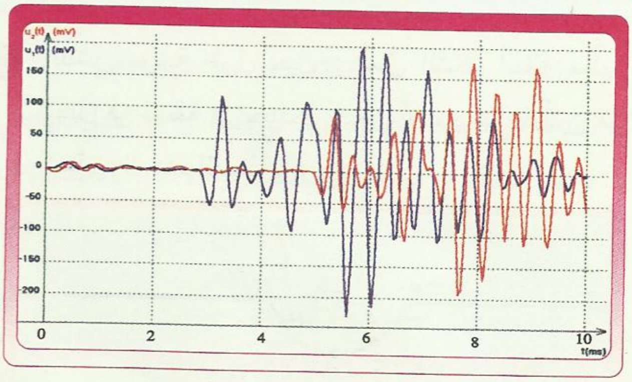
1 - هل الموجة المنتشرة طول نابض مستعرضة أم طولية ؟

2 - صف، عند اللحظة t، حالة النابض في المنطقة 1 ، ثم في المنطقة 2 .

3 - حدد اتجاه ومنحى حركة النقطة M عندما تصلها الموجة .

⑦ يلتقط ميكروفونان M_1 و M_2 صوتا منبعثا من منبع صوتي نقطي S . يوجد الميكروفونان M_1 و M_2 على استقامة واحدة مع المنبع الصوتي S ، ويبعدان عن بعضهما البعض بمسافة d = 68 cm . ويوجد المنبع S خارج القطعة المحدودة بالنقطتين M_1 و M_2 .

نعاين على شاشة الحاسوب الإشارات الملتقطة بواسطة M_1 و M_2 عبر وسيط معلوماتي (الشكل الموالي) .



1 - أُرسم تبيانة التركيب التجريبي المستعمل.

2 - أُحسب سرعة انتشار الصوت في ظروف التجربة.

8 تعطي العلاقة $v = \sqrt{\dfrac{T}{\mu}}$ ، سرعة انتشار موجة طول حبل موتر حيث T توتر الحبل و μ كتلته الطولية.

1 - أُحسب سرعة انتشار موجة طول حبل بيانو طوله $\ell = 42\,cm$ وكتلته $m = 2{,}6\,g$ ، إذا كان توتره $T = 850N$.

2 - ما المدة الزمنية التي تعبر خلالها الموجة الحبل بأكمله؟

9 تتعلق سرعة انتشار موجة على سطح ماء البحر، بالنسبة لعمق صغير، بشدة الثقالة g ، وبالعمق h.

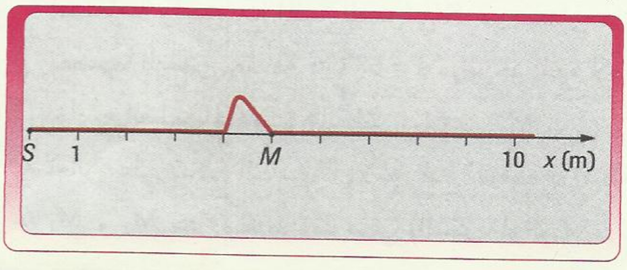
1 - اعتمادا على التحليل البعدي اختر، من بين التعابير التالية، التعبير الصحيح لسرعة انتشار موجة البحر :

أ - $v = \sqrt{g.h}$ ب - $v = \sqrt{\dfrac{g}{h}}$ ج - $v = \sqrt{g.h^2}$

2 - أُحسب سرعة انتشار موجة البحر بالنسبة للعمق $h = 0{,}92\ m$. نعطي : $g = 9{,}8 N.kg^{-1}$.

إجابة : 2 - $v = 3 m.s^{-1}$.

10 تنطلق موجة من S طرف حبل في لحظة $t = 0$ ، بسرعة $v = 4{,}0\,m/s$ ، لتصل إلى نقطة M في لحظة تاريخها t. (الشكل أسفله).



1 - أحسب قيمة t.

2 - صِف حركة نقطة ما من الحبل.

3 - ما المدة الزمنية Δt التي تستغرقها حركة نقطة ما من الحبل ؟

4 - مثِّل مظهر الحبل في لحظة تاريخها $t = 2{,}5s$.

تمارين توليفية

11 في يوم عاصفي سمع شخص الرعد بعد مرور 3 ثوانٍ على مشاهدة البرق.

أوجد المسافة الفاصلة بين الشخص والموضع الذي حدث فيه البرق.

نعطي :

سرعة انتشار الصوت في الهواء : $v = 340\,m/s$ ؛

سرعة انتشار الضوء في الهواء : $C = 3.10^8\,m/s$.

إجابة : $d = \dfrac{\Delta t}{\dfrac{1}{v} - \dfrac{1}{C}} = 1020\,m$.

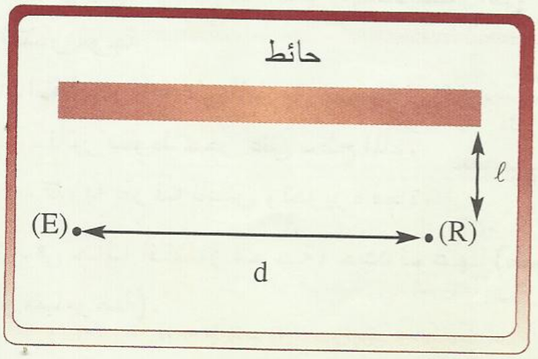
12 تتناسب سرعة انتشار موجة صوتية في الهواء مع الجذر التربيعي لدرجة الحرارة المطلقة T للهواء.

1 - عبر رياضيا عن هذه الخاصية.

2 - أُحسب سرعة انتشار الصوت في الهواء عند 0°C ، ثم عند 25°C ، علما أن سرعة الصوت في الهواء عند 20°C هي $v = 340\,m/s$.

إجابة : 2 - $328 m.s^{-1}$ ، $343 m.s^{-1}$.

13 يوجد أمام حائط رأسي، و على مسافة $\ell = 8m$ منه، باعث (E) للصوت و مستقبل (R) للصوت. المسافة الفاصلة بين (E) و (R) هي : $d = 20\,m$ (الشكل أسفله).



يرسل الباعث (E)موجة صوتية، ويستقبل اللاقط (R) موجتين صوتيتين؛ واحدة آتية مباشرة من (E) ، والثانية منعكسة على الحائط.

1 - أُرسم تبيانة تبين فيها مساري الموجتين الصوتيتين.

2 - أي من الموجتين تصل أولا إلى المستقبل ؟

3 - احسب المدة الزمنية Δt الفاصلة بين الموجتين الصوتيتين الملتقطتين من طرف(R).

نعطي سرعة انتشار الصوت في الهواء : $v = 340\,m/s$.

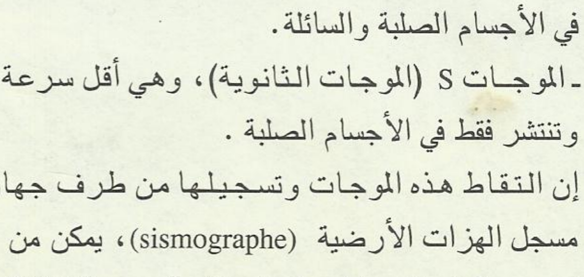
إجابة :

3 - $\Delta t = 0{,}016\ s$.

14 أثناء حدوث الزلزال، تتحرك الأرض تحت تأثير موجات ميكانيكية يطلق عليها اسم موجات الزلزال، من بينها :

- الموجات P (الموجات الأولية)، وهي الأسرع، وتنتشر في الأجسام الصلبة والسائلة.
- الموجات S (الموجات الثانوية)، وهي أقل سرعة، وتنتشر فقط في الأجسام الصلبة.

إن التقاط هذه الموجات وتسجيلها من طرف جهاز مسجل الهزات الأرضية (sismographe)، يمكن من تحديد مكان انبعاث هذه الهزات" بؤرة الزلزال" (épicentre). يمثل الشكلان (A) و (B) نموذجين لانتشار موجات الزلزال.

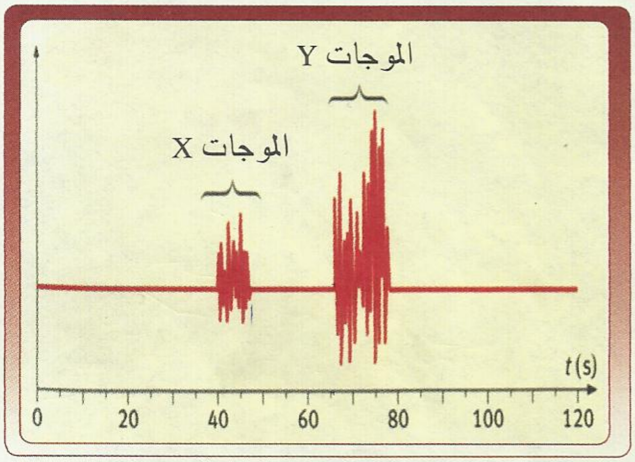


1 - يطلق على الموجات P، موجات الانضغاط وهي موجات طولية، ويطلق على الموجات S الموجات القصية (de cisaillement) وهي موجات مستعرضة.

أ - عرف الموجة المستعرضة.

ب - من بين الشكلين (A) و (B)، حدد الشكل الذي يمثل الموجاتP والشكل الذي يمثل الموجات S ؟ علل إجابتك.

2 - في سنة 1989 حدثت هزة أرضية في مدينة سان فرانسيسكو. تمثل الوثيقة أسفله التسجيل المحصّل بواسطة مسجل الهزات الأرضية بمحطة أوريكا (Eureka) في شمال كاليفورنيا، وهي تضم نوعين من الموجات رمز لهما بالحرفين X و Y.



اختير أصل التواريخ $t = 0\ s$ في بداية الهزة الأرضية بسان فرانسيسكو.

أ - أي من الموجتين X و Y توافق الموجة P ؟ علل إجابتك.

ب - علما أن بداية الهزة الأرضية سُجِّلت في محطة أوريكا على الساعة $8h15min20s$ حدد تاريخ وقوع الهزة في مكان انبعاثها (épicentre).

ج - علما أن سرعة انتشار الموجات P هي $10\ km\,s^{-1}$.
أُحسب المسافة الفاصلة بين محطة أوريكا وموضع انبعاث الهزة الأرضية.

د - استنتج سرعة انتشار الموجات S .

2

الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

Les ondes mécaniques progressives périodiques

يمكن اعتبار موجات البحر ، إلى حد ما ، موجات متوالية دورية.

فما الموجة المتوالية الدورية؟ وماخاصياتها؟

الأهداف

- تعرُّف الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية ؛
- تعرُّف مفهومي الدورية الزمانية والدورية المكانية لموجة متوالية دورية ؛
- تعرُّف الموجة المتوالية الجيبية والدور والتردد وطول الموجة ؛
- استعمال العلاقة : $\lambda = vT$ ؛
- تعرُّف ظاهرة الحيود وشروط ظهورها ؛
- تعرُّف وسط مبدد.

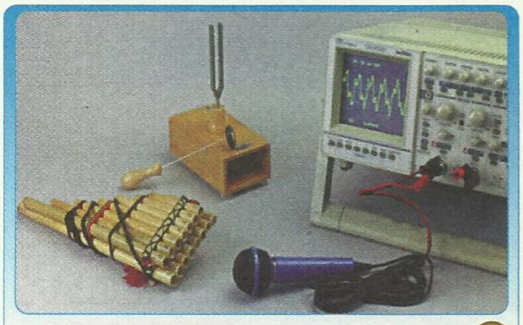
النشاط 1 الدورية الزمانية والدورية المكانية لموجة صوتية نشاط تجريبي

ما الموجة المتوالية الجيبية ؟ وكيف تبرز الدورية المكانية والدورية الزمانية ؟

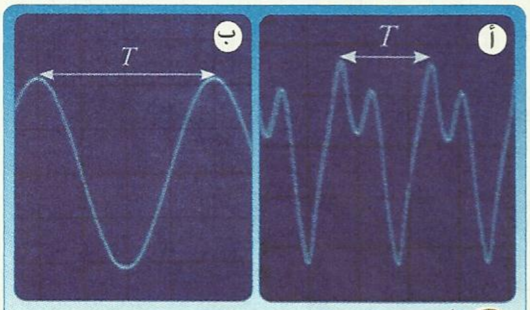
المناولة 1 : الدورية الزمانية لموجة صوتية

العدة التجريبية : راسم التذبذب ، ميكروفون ، مرنان ، آلة موسيقية .

- نصل مربطي ميكروفون بمربطي راسم التذبذب .
- نحدث بواسطة الآلة الموسيقية صوتا أمام الميكروفون . نحصل على رسم تذبذبي كالممثل في الشكل 2 ـ أ .
- نعوض الآلة الموسيقية بمرنان ، فنحصل بعد النقر عليه ، على رسم تذبذبي كالممثل في الشكل 2 ـ ب .



1 التركيب التجريبي



2 أ ـ الموجة المنبعثة من الآلة

ب ـ الموجة المنبعثة من المرنان

استثمار :

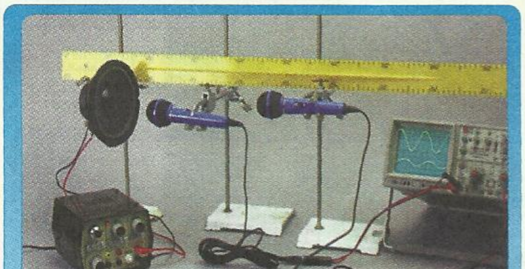
1. هل الموجات المحَصَّلة دورية ؟
2. قارن بين الرسمين التذبذبيين المحَصَّلين .
3. علما أن زر الحساسية الأفقية لراسم التذبذب ضبط على القيمة 0,5 ms :
   - 1.3 ـ أُحسب الدور T لكل من الموجتين الصوتيتين .
   - 2.3 ـ استنتج تردد الموجة الصوتية المنبعثة من المرنان .
   - 3.3 ـ يصدر مرنان من نوع La_3 صوتا يناسب النوطة الموسيقية La_3 ذات التردد 440 Hz .

     هل المرنان المستعمل في هذه التجربة من نوع La_3؟

المناولة 2 : الدورية المكانية لموجة صوتية

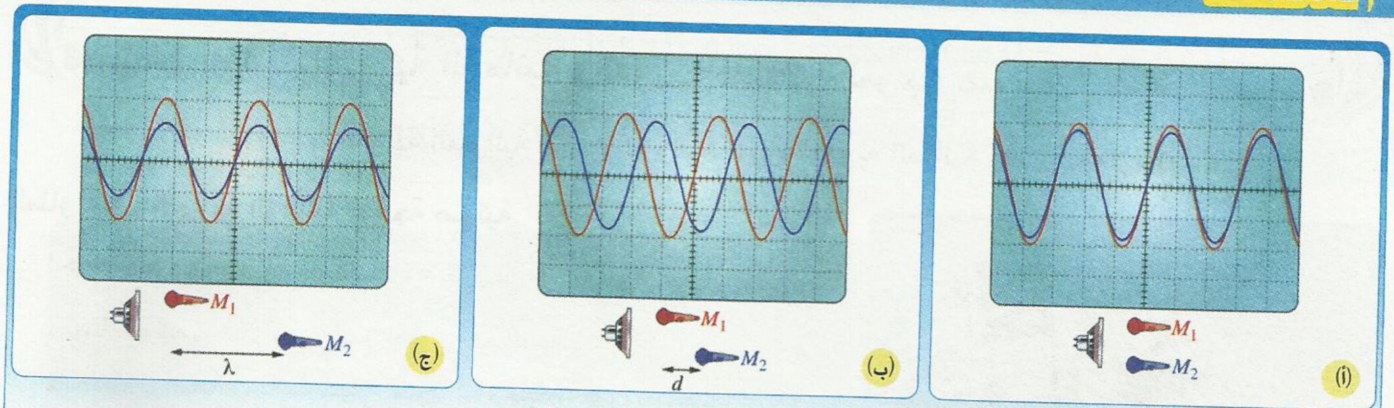
العدة التجريبية : راسم التذبذب ، ميكروفونان ، مولد للتوتر ذي التردد المنخفض GBF ضبط تردده على 3000 Hz ، مكبر الصوت ، مسطرة مدرجة ، حوامل ، أسلاك الربط .

- ننجز التركيب التجريبي المبين في الشكل جانبه .
- نضع الميكروفونين M_1 و M_2 جنبا إلى جنب ، ونشغل مكبر الصوت ، فنحصل على رسم تذبذبي كالممثل في الشكل 4 ـ أ (ص 30) .
- نبقي الميكروفون M_1 ثابتا ونزيح الميكرفون M_2 ببطء طول المسطرة المدرجة ، بحيث يكون M_1 و M_2 ومكبر الصوت على نفس الاستقامة . بالنسبة لمسافتين مختلفتين بين M_1 و M_2 نحصل على الرسمين التذبذبيين كالممثلين في الشكلين 4 ـ ب و 4 ـ ج (ص 30) .



3 التركيب التجريبي وتبيانته

دورية	périodicité	زمانية	temporelle	مرنان	diapason	مكانية	spatiale



4 الرسوم التذبذبية المحصّلة بالنسبة لمسافات مختلفة بين الميكروفونين M_1 و M_2

استثمار :

1 تحقق تجريبيا من الحصول على :

- 1. 1 - الرسم التذبذبي (4 - أ) عندما يكون الميكروفونان M_1 و M_2 جنبا إلى جنب.
- 2. 1 - الرسم التذبذبي (4 - ب) عندما نبعد تدريجيا M_2 عن M_1 .

2 بالنسبة لمسافة معينة بين الميكروفونين تساوي λ أو $n.\lambda$ (حيث n عدد صحيح)، نشاهد على شاشة راسم التذبذب منحنيين جيبيين على توافق في الطور (الشكل 4 . ج). نسمي المسافة λ طول الموجة، وهو مقدار فيزيائي يعبر عن الدورية المكانية لموجة. عين طول الموجة λ بالنسبة لهذه الموجة الصوتية.

3 عين على شاشة راسم التذبذب الدور T للموجة الصوتية، ثم تحقق بالحساب من هذه القيمة (نُذكر أن تردد المولد GBF ضبط على القيمة 3000 Hz).

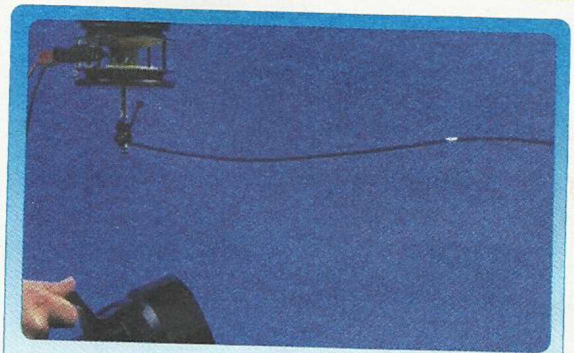
4 احسب المقدار $\frac{\lambda}{T}$ ، ما وحدته ؟ ماذا يمثل هذا المقدار ؟

النشاط 2 الموجة المتوالية الجيبية طول حبل نشاط تجريبي

كيف تنتشر موجة متوالية جيبية طول حبل ؟ وكيف نبرز دوريتيها الزمانية والمكانية ؟

العدة التجريبية : هزاز (شفرة مصحوبة بكهرمغنطيس)، حبل مرن، حوامل، وماض، قطن، مسطرة مدرجة.

- نثبت أحد طرفي حبل مرن موتر بنقطة وضع بها قطن لامتصاص الموجة. نربط الطرف الآخر S للحبل بطرف شفرة هزاز ينجز حركة مستقيمية جيبية ترددها 100 Hz .
- نضع علامة (قطعة ورق بيضاء) على نقطة ما M من الحبل.
- نشغل الهزاز ونضيء الحبل بواسطة وماض.



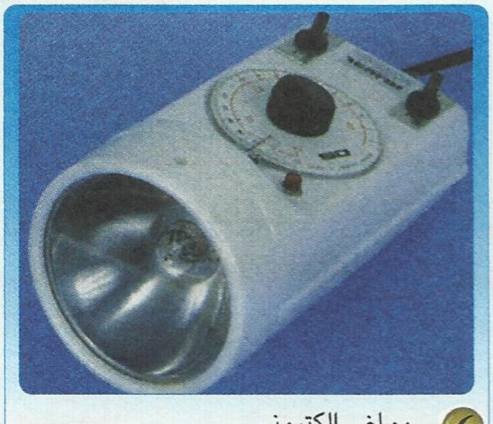
5 إضاءة الحبل بالوماض

كهرمغنطيس	électroaimant	طول الموجة	longueur d'onde	توافق في الطور	en phase

الوماض جهاز إلكتروني يُصدِر ومضات ضوئية سريعة في مدد زمنية متتالية ومتساوية T_e، ويحتوي على زر يُمكِّن من تغيير وضبط تردد الومضات ν_e .

يُستَعمل هذا الجهاز لدراسة ظاهرة دورية سريعة :

- إذا كان تردده ν_e يساوي تردد الظاهرة الدورية، فإن هذه الأخيرة تبدو ظاهريا متوقفة.
- إذا كان ν_e يقارب تردد الظاهرة فإنها تبدو ظاهريا في حركة بطيئة.



6 وماض إلكتروني

استثمار :

1. ماذا تلاحظ عند ضبط تردد الوماض على القيمة 99 Hz ؟ ثم على القيمة 101 Hz ؟ صف حركة النقطة M في هاتين الحالتين.
2. نضبط تردد الوماض على القيمة $\nu_e = 100Hz$.
   - 2. 1 - ماذا تلاحظ ؟ ما شكل مظهر الحبل ؟
   - 2. 2 - بين أن حركة كل نقطة من الحبل مستقيمية جيبية، ترددها مساو لتردد الهزاز.
   - 2. 3 - يتميز مظهر الحبل بدورية مكانية تسمى طول الموجة، ويرمز لها بالحرف λ . قم بقياس λ .
3. أُحسب سرعة انتشار الموجة المنتشرة طول الحبل.

النشاط 3 ظاهرة حيود موجة ميكانيكية متوالية جيبية نشاط تجريبي

ما ظاهرة حيود موجة ميكانيكية ؟ وكيف نتعرف على وسط مبدِّد ؟

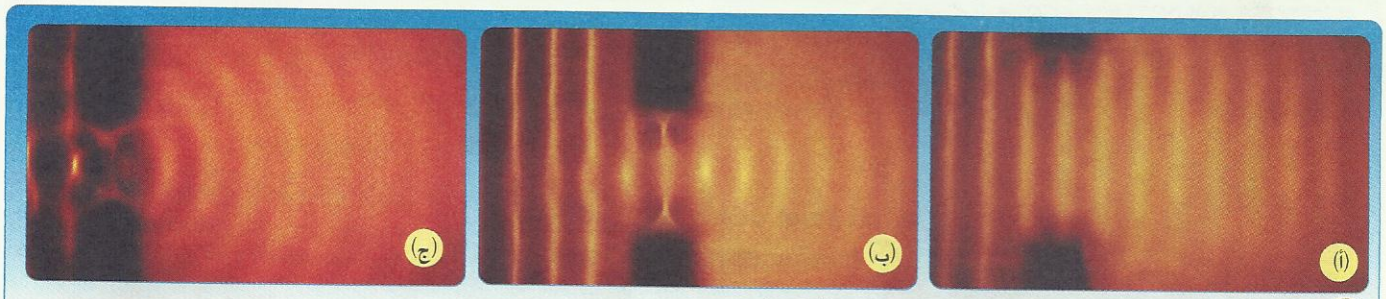
المناولة 1 : حيود موجة متوالية جيبية على سطح الماء

العدة التجريبية : حوض الموجات، مسطرة مدرجة وشفافة، صفيحتان مستطيلتان، مادة ماصة للموجات (وهي عبارة عن شريط من اللبد ثبت على جوانب الحوض لتفادي انعكاس الموجات).

- نحدث موجات مستقيمية في حوض الموجات، ترددها يقارب 10 Hz.
- نضيء سطح الماء بالوماض المرفق بحوض الموجات، بعد ضبط تردد ومضاته على قيمة تساوي تردد الموجة المستقيمية الجيبية، نشاهد توقفا ظاهريا لجميع نقط سطح الماء (الشكل 7).
- نقيس طول الموجة λ ، بعد وضع المسطرة الشفافة داخل الحوض.
- نضع في الحوض صفيحتين تُكوِّنان حاجزا به فتحة عرضها a.
- نعيد التجربة عدة مرات، و في كل مرة نغير عرض الفتحة a حيث تأخذ هذه الأخيرة القيم : $0{,}5\lambda$ و λ و 2λ و 5λ .

7 حوض الموجات

هزاز	vibreur	لبد	feutre	وماض	stroboscope	توقف ظاهري	immobilité apparente



8 صور لموجات محيدة بفتحة عرضها a متناقص أكثر فأكثر

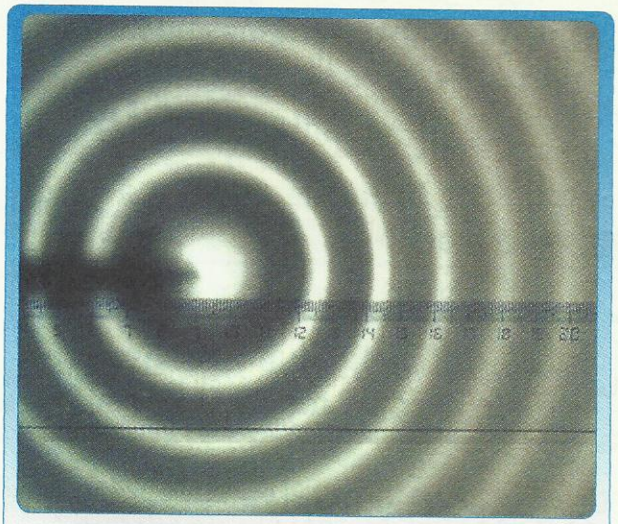
استثمار :

1. صِف في كل حالة ما يحدث للموجات عندما تعبر الفتحة. في أي حالة تصبح الموجة دائرية بعد عبورها الفتحة ؟
2. تسمى الموجة الدائرية المتولدة **الموجة المحيدة** والظاهرة **ظاهرة الحيود**. ما شروط حدوث هذه الظاهرة ؟
3. قارن بين طول الموجة الواردة وطول الموجة المحيدة. ماذا تستنتج ؟

المناولة 2 : ظاهرة التبدد

العدة التجريبية : حوض الموجات مزود بمادة ماصة للموجات (أنظر المناولة 1)، مسطرة مدرجة وشفافة، صفيحتان مستطيلتان.

- نحدث موجة دائرية في حوض الموجات.
- نضبط ν تردد الموجة الدائرية على قيم مختلفة ، وفي كل مرة نضيء سطح الماء بوماض ضبط تردده على قيمة تساوي تردد الموجة. نشاهد توقفا ظاهريا لجميع نقط سطح الماء، ثم نقيس طول الموجة λ الموافق.
- ندون النتائج في جدول كالممثل في الشكل 10 .



9 قياس طول الموجة بالنسبة لقيم مختلفة للتردد

ν (Hz)	20	25	30	35
$\lambda(m)$	1	0,9	0,8	0,7
$v(m.s^{-1})$				

10 جدول القياسات

استثمار :

1. أعط العلاقة بين السرعة v لانتشار الموجة وترددها ν وطول موجتها λ .
2. أنقل الجدول جانبه على دفترك وأتمم ملأه.
3. نُعَرِّف الوسط المبدد بكونه وسطا تتعلق فيه سرعة انتشار الموجة بترددها.

هل الماء وسط مبدد ؟ علّل إجابتك.

حيود	diffraction
فتحة	fente
محيدة	diffractée
تبدد	dispersion
وسط مبدد	milieu dispersif

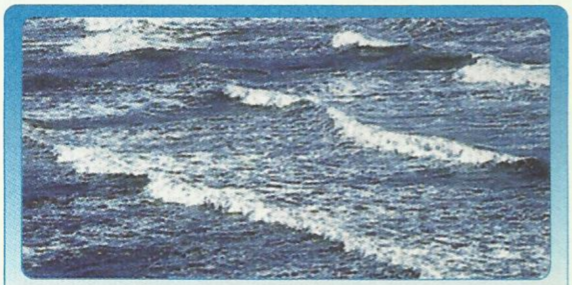
1 الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية

1.1 ـ تعريف

تكون الموجة المتوالية دورية إذا كان التطور الزمني للتشوه الحاصل لكل نقطة من وسط الانتشار دوريا.

أمثلة : • يمكن مشاهدة موجة متوالية دورية طول حبل أو على سطح الماء مثلا، إذا كان للمنبع حركة دورية.

- في النشاط 1 (ص 29): الصوت المنبعث من الآلة الموسيقية موجة متوالية دورية.
- تعتبر موجة البحر موجة متوالية دورية (الشكل 11).



11 أمواج على سطح البحر

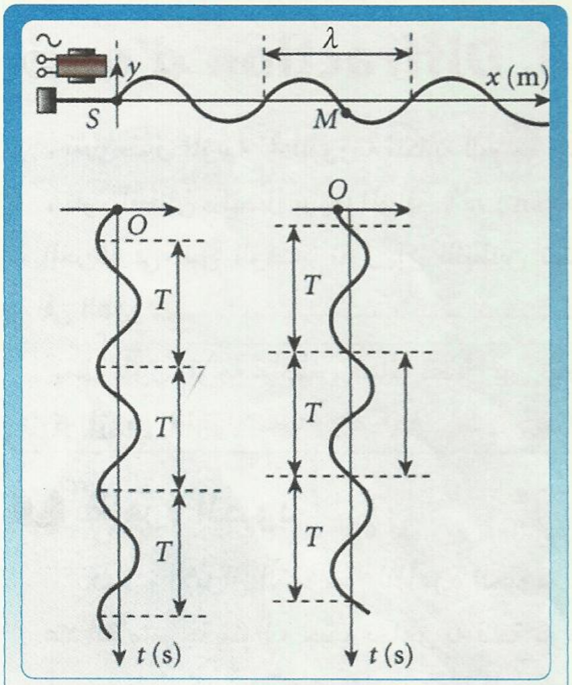
2.1 ـ الدورية الزمانية

الدور الزمني T لموجة متوالية دورية هو أصغر مدة زمنية تعود خلالها نقطة من وسط الانتشار إلى نفس الحالة الاهتزازية.

في النشاط 2 (ص30) : عند ضبط تردد الوماض على القيمة 100 Hz التي تساوي تردد المنبع S، نلاحظ أن هذا الأخير والحبل يظهران متوقفين، مما يدل على أن حركة كل نقطة من الحبل لها نفس دور المنبع S.

3.1 ـ الدورية المكانية

نعتبر موجة ميكانيكية متوالية دورية تنتشر في وسط مادي مرن (طول حبل مثلا). إن أخذ صورة لهذا الوسط، في لحظة ما، يُظهِر وجود دورية مكانية (الشكل 12).



12 إبراز الدورية الزمانية والدورية المكانية لموجة طول الحبل

تظهر في وسط الانتشار دورية مكانية في لحظة t، إذا كانت حركة منبع الموجة دورية.

2 الموجة الميكانيكية المتوالية الجيبية

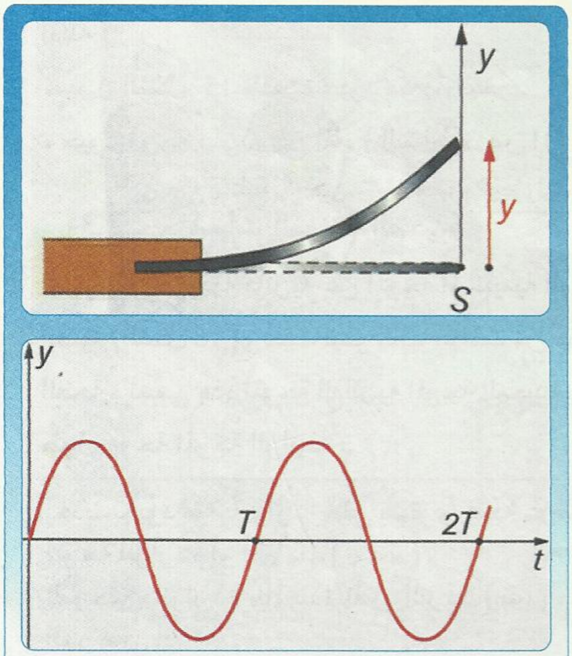
1.2 ـ تعريف الموجة الجيبية

الموجة المتوالية الدورية الجيبية هي موجة يكون المقدار الفيزيائي المقرون بها دالة جيبية بالنسبة للزمن.

أمثلة : • في النشاط 1(ص29) : الصوت المنبعث من المرنان، موجة متوالية جيبية.

- في النشاط 2 (ص30) : ينجز الطرف S لشفرة الهزاز حركة يمكن اعتبارها مستقيمية جيبية. استطالة النقطة S تكتب على الشكل التالي : $y(t) = A.\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$.

A : وسع حركة S ، و T : دورها ويميز الدورية الزمانية.



13 حركة طرف الشفرة مستقيمية جيبية

2.2 - طول الموجة

نسمي طول الموجة λ المسافة التي تقطعها الموجة المتوالية الجيبية خلال مدة زمنية تساوي دور الموجة T.

$$\boxed{\lambda = v.T = \frac{v}{\nu}}$$

λ : طول الموجة (m).
v : سرعة انتشار الموجة ($m.s^{-1}$).
ν : تردد الموجة (Hz).

- يميز طول الموجة λ الدورية المكانية للموجة المتوالية الجيبية.
- تقوم نقطتان، تفصل بينهما المسافة $n.\lambda$ (n عدد صحيح)، بنفس الحركة في نفس الوقت. نقول إن النقطتين تهتزان على **توافق في الطور**.

يمثل طول الموجة λ أصغر مسافة تفصل بين نقطتين تهتزان على توافق في الطور.

3 ظاهرة الحيود

1.3 - الإبراز التجريبي لظاهرة الحيود

عند التقاء موجة متوالية جيبية بحاجز به فتحة عرضها a، أو بحاجز عرضه a، يمكن أن يحدث تغيير في بنية الموجة إذا حقق العرض a بعض الشروط. وتسمى هذه الظاهرة **ظاهرة الحيود**.

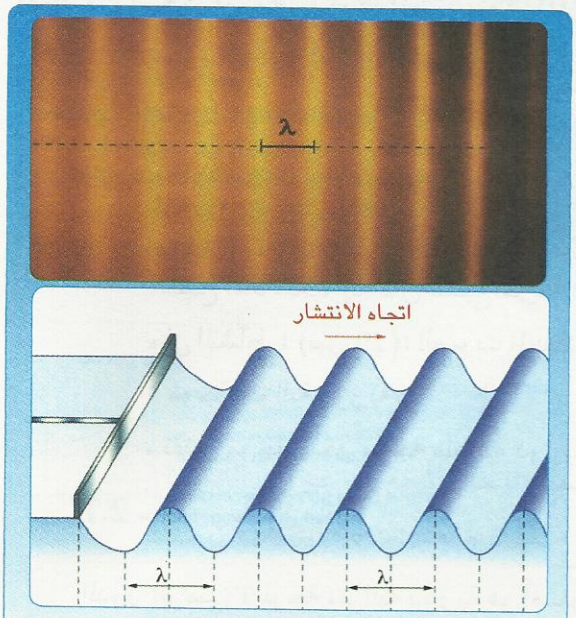
أمثلة :

- يبرز الشكل 15 ظاهرة حيود موجة البحر.
- حيود موجة على سطح الماء (النشاط 3 ص31).

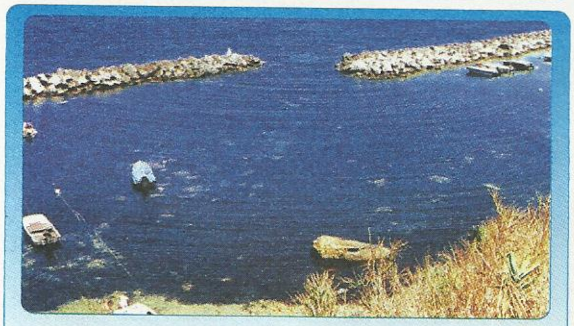
2.3 - خاصيات الموجة المحيدة

نلاحظ تولد موجة دائرية عن الموجة المستقيمية الواردة على مستوى الفتحة (الشكل 16)، حيث تبدو كأنها انبعثت من منبع وهمي يوجد في الفتحة. تسمى هذه الموجة الدائرية الموجة المحيدة، وتتوفر على نفس طول موجة الموجة الواردة.

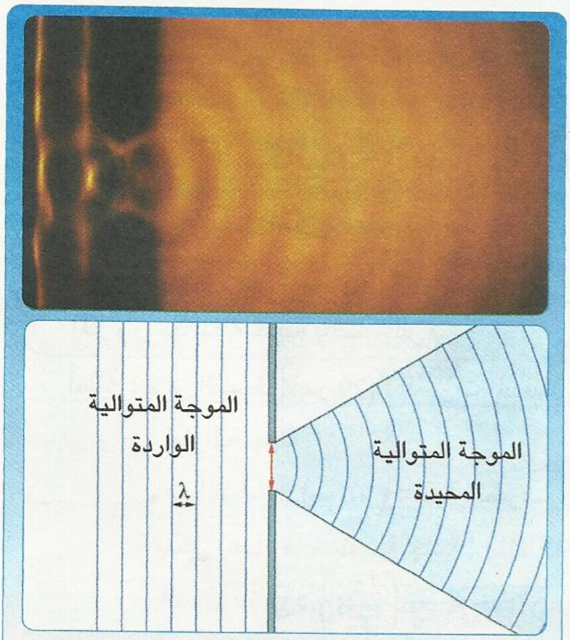
يحدث حيود موجة واردة على مستوى فتحة عرضها a يقارب طول الموجة الواردة أو أقل منها($a<\lambda$).
للموجتين الواردة والمحيدة نفس التردد ونفس طول الموجة ونفس السرعة.



14 طول الموجة بالنسبة لموجة متوالية جيبية تنتشر على سطح الماء



15 ظاهرة الحيود على سطح الماء



16 بعد حيود الموجة أصبح شكلها دائريا

4 وسط مبدِّد

تحدث ظاهرة تبدد الموجات المتوالية الجيبية في وسط ما إذا كانت سرعة انتشارها في هذا الوسط تتعلق بتردد المنبع.
نقول إن هذا الوسط مبدّد.

أمثلة :

- في النشاط3 (ص 31)، تم التوصل إلى أن سطح الماء وسط مبدد بالنسبة لموجة تنتشر على سطحه.
- عند درجة حرارة وضغط معينين تكون سرعة انتشار الموجات الصوتية في الهواء ثابتة، رغم اختلاف ترddاتها؛ فالهواء إذن وسط غير مبدد للموجات الصوتية (الشكل 17).

17 الأصوات الخفيضة والأصوات الحادة تصل في نفس الوقت إلى مسامع المتفرجين

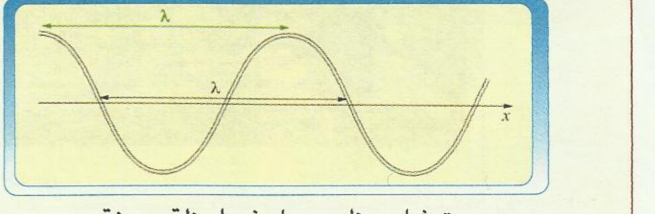
الحصيلة

الموجة المتوالية الدورية :

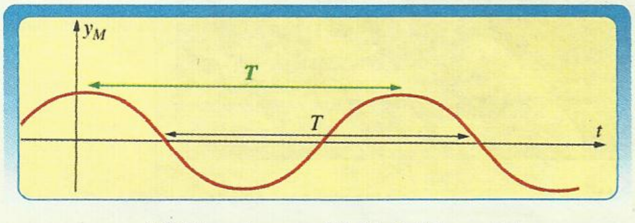
- **نقول إن الموجة المتوالية دورية عندما يكون التطور الزمني الحاصل لكل نقطة من وسط الانتشار دوريا.**

الموجة المتوالية الجيبية :

- **تنعت الموجة المتوالية الدورية بالجيبية إذا كان المقدار الفيزيائي المقرون بها دالة جيبية بالنسبة للزمن.**
- **تتميز الموجة المتوالية الجيبية :**
  - **بدورية زمانية دورها T.**
  - **وبدورية مكانية دورها λ : (طول الموجة)**



تمثيل مظهر حبل في لحظة معينة



تمثيل حركة نقطة M من حبل بدلالة الزمن

- **المقداران T و λ مرتبطان بالعلاقة :**

$$\boxed{\lambda = v.T = \frac{v}{\nu}}$$

(Hz)

(m) (m.s-1) (s)

ظاهرة الحيود :

- **تحدث ظاهرة الحيود عندما يكون عرض الفتحة a يقارب طول الموجة λ $(a \approx \lambda)$ أو يصغره $(a < \lambda)$.**
- **للموجتين المحيدة والواردة نفس التردد ونفس طول الموجة.**
- **بالنسبة لطول موجة λ معينة، كلما كان عرض الفتحة صغيرا كلما كانت ظاهرة الحيود أكثر أهمية.**

الوسط المبدد :

- **عندما تتعلق سرعة انتشار موجة متوالية جيبية في وسط ما بتردد المنبع، نقول إن هذا الوسط مبدد.**

دراسة الموجات فوق الصوتية الجيبية

العدة التجريبية : باعث ومستقبل الموجات فوق الصوتية، تغذية الباعث (أو مولد تردد منخفض)، سكة مستقيمية ومدرجة، سكة على شكل قوس من دائرة (صحن موديسن Plateau Moduson)، راسم التذبذب ، أسلاك الربط .

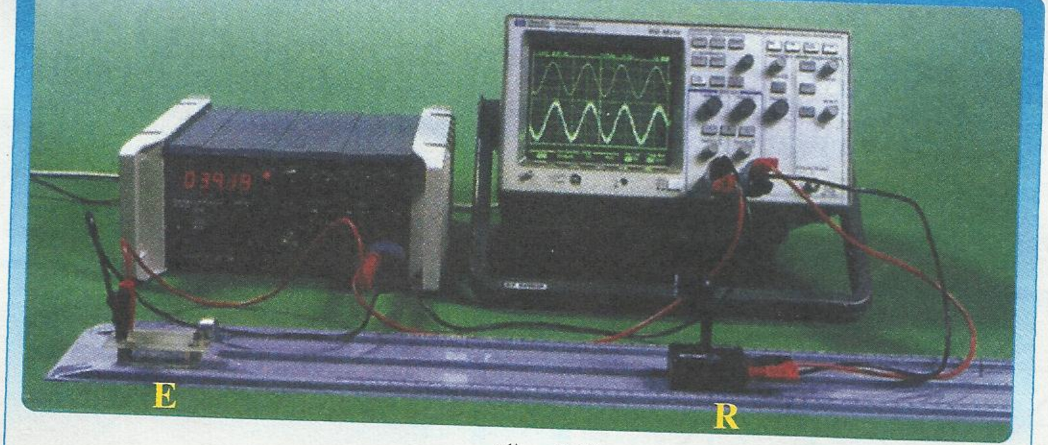
المناولة 1 : الدورية المكانية والدورية الزمانية لموجة فوق صوتية

الأهداف : ـ الإبراز التجريبي للدورية المزدوجة للموجات فوق الصوتية.

ـ تحديد سرعة انتشار موجة فوق صوتية في الهواء.

① باعث الموجات فوق الصوتية

- نغذي الباعث بتوتر 15 V ،ونضبطه على النظام المستمر، أو نغذيه بواسطة مولد تردد منخفض ضبط تردده على القيمة 40 *k*Hz .
- نضع الباعث E و المستقبل R على السكة المستقيمية بحيث يكون الباعث عند التدريجة صفر.
- نعاين على شاشة راسم التذبذب، التوتر u_1 بين مربطي الباعث والتوتر u_2 بين مربطي المستقبل.
- نضبط الحساسيتين الأفقية والرأسية للحصول على بعض الدورات.



② التركيب التجريبي

استثمار :

1. صف ما تشاهده على شاشة راسم التذبذب. ما الدورية التي تبرزها هذه التجربة ؟
2. قِس على الشاشة الدور T للموجات فوق الصوتية، وتحقق من قيمة ترددها.
3. نبعد تدريجيا المستقبل عن الباعث طول السكة.

1.3 ـ ماذا تلاحظ على الشاشة ؟

2.3 ـ ما العلاقة بين طول الموجة λ والمسافة d، الفاصلة بين الباعث و المستقبل، واللازمة لكي يكون التوتران u_1 و u_2 على توافق في الطور؟

4. اقترح طريقة تجريبية تمكن من تحديد طول الموجة λ بدقة.
5. إستنتج سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية في الهواء.

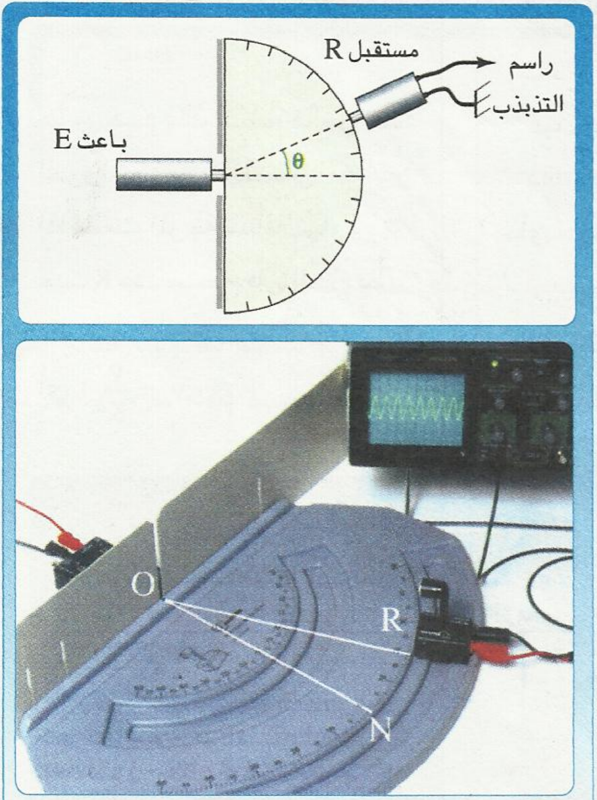
المناولة 2 : حيود الموجة فوق الصوتية

الأهداف : ـ الإبراز التجريبي لظاهرة حيود الموجات فوق الصوتية .

ـ التحقق التجريبي من العلاقة $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

- نثبت باعث الموجات فوق الصوتية E في المركز O للصحن بعد ضبطه على النظام المستمر وعلى القدرة القصوى .
- نضع صفيحة فلزية بها فتحة عرضها a أمام الباعث (أُنظر الشكل) .
- نحرك R مستقبل الموجات فوق الصوتية فوق سكة، شكلها قوس دائرية، موجودة على الصحن .
- نحدد موضع المستقبل R بقياس الزاوية $\theta = (\widehat{NOR})$ ، حيث N نقطة من المنظمي على الحاجز والمار من O .
- يمكّن راسم التذبذب من معاينة التوتر بين مربطي المستقبل . ولإنجاز قياسات دقيقة نقوم بقياس $2U_{max}$ حيث U_{max} وسع التوتر .
- باستعمال فتحة عرضها $a_1 = \frac{\lambda}{2}$ نزيح المستقبل بزاوية $5°$ ، وفي كل مرة نقيس التوتر $2U_{max}$ ، وندون في جدول كالممثل أسفله، بعد نقله على الدفتر .
- نعيد نفس التجربة باستعمال فتحة عرضها $a_2 = \lambda$ ، ثم فتحة عرضها $a_3 = 2\lambda$.

θ (°)	0	5	10	....	55	60
$2U_{max}$ (mV)						



3 التركيب التجريبي وتبيانته

استثمار :

1. حدد T دور الموجات فوق الصوتية، واستنتج ترددها ν .
2. تحقق أن عرض الفتحات هو: $a_1 = \frac{\lambda}{2}$ و $a_2 = \lambda$ و $a_3 = 2\lambda$.
3. مثل في نفس المعلم المنحنيات $U_{max} = f(\theta)$ بالنسبة لمختلف الفتحات بالسلم : $1\ cm \longleftrightarrow 10°$ ؛ $1\ cm \longleftrightarrow 250\ mV$.
4. انطلاقا من أي قيمة لعرض الفتحة a يمكن تمييز قيم قصوى وقيم دنيا لوسع الموجات فوق الصوتية ؟
5. تأكد من أن الزاوية 2θ التي تحد منطقة حيود الموجات فوق الصوتية تحقق العلاقة : $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

تمرين محلول

يُحدث هزاز موجة متوالية دورية جيبية مستعرضة طول حبل ترددها $\nu = 200\,Hz$ ، وسرعة انتشارها $v = 40\,m/s$. نهمل الانعكاس ونضيء الحبل بواسطة وماض تردد ومضاته ν_e .

1 - أ- أُحسب طول الموجة λ .

ب - ما قيم تردد الومضات ν_0 التي تمكن من مشاهدة حبل واحد متوقف ظاهريا؟

ج - مثل مظهر الحبل مبينا على الشكل المقادير المميزة له.

2 - نضبط الوماض على القيمة $198\,Hz$.

أ - أُحسب المسافة التي تقطعها الموجة خلال المدة الزمنية الفاصلة بين ومضتين متتاليتين.

ب - باستعمال هذا التردد نشاهد الحبل في حركة ظاهرية بطيئة. ما المسافة الظاهرية التي تقطعها الموجة بين ومضتين متتاليتين؟

ج - اِستنتج السرعة الظاهرية لحركة الموجة.

3 - صِف الظاهرة المشاهدة عند ضبط الومضات على القيمة $202\,Hz$.

إرشادات

1 - أ - استحضار العلاقة : $\lambda = vT$.

ب - نحدد ذلك انطلاقا من عدد الدورات : بين ومضتين متتاليتين إذا قطعت الموجة مسافة تساوي $K\lambda$ حيث K عدد صحيح فإن الحبل يظهر متوقفا وهكذا : $T_e = KT$ ، أي : $\nu_e = \frac{\nu}{K}$.

3 - يظهر الحبل في حركة بطيئة نحو الهزاز.

حل

1 - أ - لدينا : $\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$

ت. ع : $\lambda = \frac{40}{200} = 0,2m = 20cm$

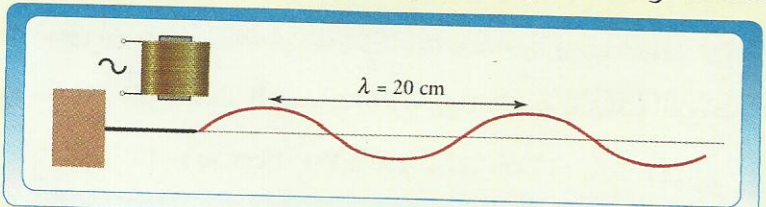
ب - بين ومضتين متتاليتين تقطع الموجة المسافة λ و 2λ و 3λ و . . . ويحدث ذلك خلال مدد زمنية T و2T و3T و . . . .

أي عند الترددات : $10\,Hz \le \frac{\nu}{K} \le 200\,Hz$ ، $K \in IN^*$

ν و $\frac{\nu}{2}$ و $\frac{\nu}{3}$ و . . . .

ومنه الترددات ν_e للوماض التي تمكن من مشاهدة حبل واحد متوقف ظاهريا هي : $200\,Hz$ و $100\,Hz$ و $67\,Hz$ و $50\,Hz$ و $40\,Hz$ و . . . .

ج -



2 - أ - بين ومضتين متتاليتين تقطع الموجة المسافة : $d_1 = \frac{v}{\nu_e} = \frac{40}{198} = 20,20\,cm$

ب - عندما تقطع الموجة المسافة $d_2 = \lambda = 20\,cm$ تعود كل نقطة من الحبل إلى موضعها. إذن يظهر للعين وكأن كل نقطة من الحبل تتحرك بالمسافة d :

$$d = d_1 - d_2 = 0,20\,m$$

ج - إذن السرعة الظاهرية هي : $C_{ap} = \frac{d}{T_e} = d.\nu_e = 0,2 \times 200$ $C_{ap} = 40\,cms^{-1}$

3 - إذا كان تردد الومضات أكبر بقليل من تردد الموجة، فإن الحبل يظهر في حركة بطيئة في المنحنى المعاكس لمنحى انتشار الموجة.

تمارين لاختبار المعارف

① أُنقل ما يلي على دفترك واملإ الفراغ :

1 - الموجة الميكانيكية المتوالية هي تشوه ميكانيكي في وسط دون انتقال ....

2 - تكون الموجة الميكانيكية المتوالية...... إذا كان اتجاه التشويه عمودياً على اتجاه الانتشار.

3 - إذا كان اتجاه التشويه موازيا لاتجاه الانتشار تكون الموجة الميكانيكية المتوالية ....

4 - تنتشر الموجة الميكانيكية المتوالية في جميع........ المتاحة لها.

② صحيح أم خطأ :

1 - عند تراكب موجتين متواليتين فإنهما تنعكسان.

2 - الصوت موجة ميكانيكية طولية.

3 - عندما تصطدم موجة ميكانيكية دورية بحاجز فإنها تنتشر وراء هذا الحاجز.

③ اِختر الجواب الصحيح :

1 - خصائص الموجة المتوالية الدورية هي :

أ - الدور والتردد ؛

ب - طول الموجة والدور إذا كانت جيبية ؛

ج - التردد وسرعة الانتشار.

2 - العلاقة بين سرعة الانتشار v وطول الموجة λ والتردد ν لموجة جيبية هي :

أ - $v = \lambda\nu$ ب - $\lambda = v\nu$ ج - $\nu = v\lambda$.

3 - تظهر ظاهرة الحيود لموجة ميكانيكية متوالية جيبية طول موجتها λ عند احتيازها فتحة عرضها d بحيث :

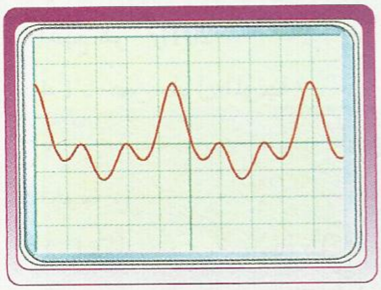
أ - $d >> \lambda$ ب - $d \simeq \lambda$ ج - $d < \lambda$.

تمارين تطبيقية

④ بواسطة ميكروفون، نعاين على شاشة راسم التذبذب موجات صوتية منبعثة من آلة موسيقية، فنحصل على الرسم التذبذبي الممثل في الشكل الموالي.

نعطي :

- الحساسية الرأسية : $100\,mV / div$.
- الحساسية الأفقية : $0{,}5\,ms / div$.



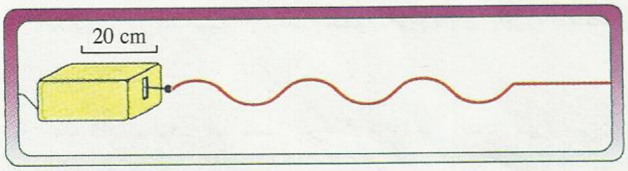
حدد الدور وطول الموجة علما أن سرعة انتشار الموجات الصوتية في الهواء هي : $340 m.s^{-1}$.

⑤ يُصدر مرنان صوتا يناسب النوطة الموسيقية La_3 ذات التردد $440 Hz$. ما طول موجة هذا الصوت؟

سرعة انتشار الصوت في الهواء هي : $340 m.s^{-1}$.

الإجابة : $\lambda = v / \nu = 0{,}77 m$.

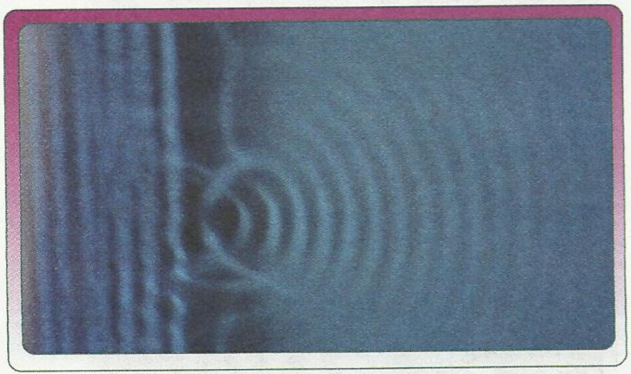
⑥ نحدث بواسطة هزاز موجة متوالية جيبية ترددها $\nu = 100 Hz$ طول حبل مرن. يمثل الشكل أسفله مظهر الحبل في لحظة معينة.



1 - عين طول الموجة λ.

2 - احسب سرعة انتشار الموجة.

⑦ تبين الصورة أسفله، موجات متوالية جيبية تنتشر على سطح الماء، قبل وبعد حاجز به فتحة عرضها يقارب طول الموجة.



1 - ما شكل الموجات قبل وبعد اجتيازها الفتحة؟

2 - ما الظاهرة التي تبرزها هذه التجربة ؟

3 - هل للموجات نفس طول الموجة قبل وبعد اجتيازها الفتحة؟

4 - علما أن السلم على الصورة هو $\frac{1}{4}$ ، وتردد اهتزاز المنبع هو $20\,Hz$:

1.4 - عين طول الموجة λ .

2.4 - احسب سرعة انتشار الموجات.

أجوبة :

1.1 - الموجات مستقيمية قبل الحاجز، ودائرية بعده.

2 - ظاهرة الحيود. **3** - للموجات قبل وبعد اجتياز الحاجز نفس طول الموجة. **4** - $\lambda \approx 1,6\,cm$ ، $v = 0,32\,m/s$.

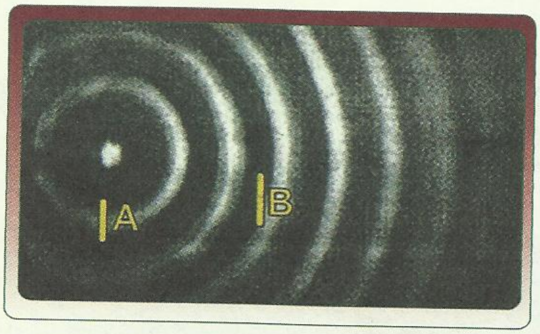
تمارين توليفية

8 في حوض الموجات نحدث بواسطة هزاز تردده قابل للضبط، موجات متوالية جيبية.

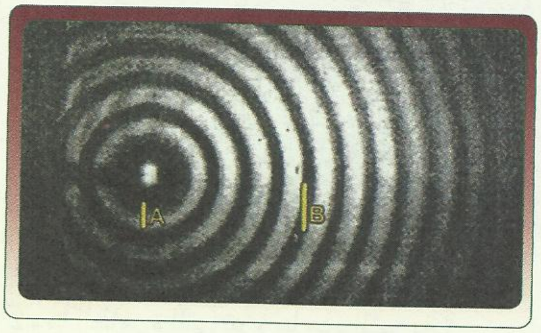
- نضبط تردد الهزاز على القيمة $\nu_1 = 8,0\,Hz$ ، فنشاهد على الحوض الشكل المبين في الوثيقة 1.
- نضبط تردد الهزاز على القيمة $\nu_2 = 17\,Hz$ ، فنحصل على الشكل المبين على الوثيقة 2.

المسافة الحقيقية الفاصلة بين A و B في التجربتين هي $d = 7,0\,cm$.

الوثيقة 1:



الوثيقة 2:



1 - أُحسب طول الموجة λ_1، واستنتج v_1 سرعة انتشار الموجات ذات التردد ν_1.

2 - أُحسب طول الموجة λ_2 ، واستنتج v_2 سرعة انتشار الموجات ذات التردد ν_2.

3 - ما الظاهرة التي تبرزها التجربتان ؟

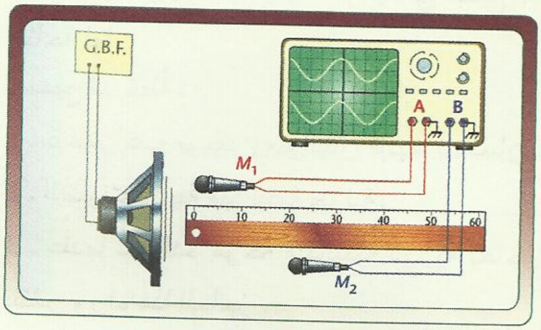
أجوبة :

1 - $\lambda_1 = 2,3\,cm$ ؛ $v_1 = 19\,cm/s$.

2 - $\lambda_2 = 1,4\,cm$ ؛ $v_2 = 24\,cm/s$.

3 - ظاهرة التبدد.

9 لقياس سرعة انتشار الصوت في الهواء ننجز التركيب التالي :



نحدد الأفصولين x_1 و x_2 على التوالي للميكروفونين M_1 و M_2 على محور مطابق للمسطرة المدرجة.

1 - نحصل على رسمين تذبذبيين على توافق في الطور عندما يكون الميكروفونان عند الأفصول : $x_2 = x_1 = 0$. احسب تردد الصوت علما أن الحساسية الأفقية هي : $0,1\,ms/div$.

2 - نحتفظ بـ M_1 عند الأفصول $x_1 = 0$ ، ونحرك M_2 طول المسطرة المدرجة. يلخص الجدول أسفله قيم الأفصول x_2 للمكروفون M_2، عندما يظهر الرسمان التذبذبيان على توافق في الطور على الشاشة :

$x_2(cm)$	17,0	34,2	51,0	67,9	85,0

استنتج متوسط طول الموجة للموجات الصوتية .

3 - أحسب قيمة السرعة المتوسطة للصوت في الهواء.

أجوبة :

1 - $\nu = 2\,kHz$.

2 - $\lambda_{moy} = 17\,cm$.

3 - $v_{moy} = 340\,m/s$.

3 انتشار موجة ضوئية

Propagation d'une onde lumineuse

ينتج قوس قزح عن ظاهرة فيزيائية تحدث بين ضوء الشمس وقطيرات الماء الموجودة في الجو. تسمى هذه الظاهرة الفيزيائية تبدد الضوء. إلى ماذا يعزى تبدد الضوء؟ وكيف يحدث؟

الأهداف

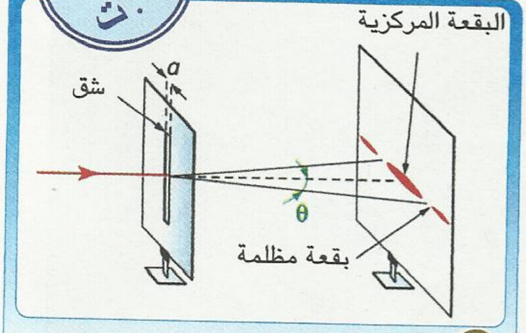
- تعرُّف الطبيعة الموجية للضوء من خلال ظاهرة الحيود ؛
- استثمار أشكال حيود موجة ضوئية ؛
- تعرُّف واستعمال العلاقتين : $\lambda=\frac{c}{\nu}$ و $\theta=\frac{\lambda}{a}$ ؛
- تعرُّف ضوء أحادي اللون وضوء متعدد الألوان ؛
- تعرُّف أن الأوساط الشفافة مبددة للضوء بدرجات مختلفة.

النشاط 1 ظاهرة حيود الضوء نشاط تجريبي

كيف تبرز تجريبيا ظاهرة حيود الضوء ؟

العدة التجريبية : جهاز اللازر، صفائح بها شقوق عرضها معروف، شاشة، أسلاك رفيعة سمكها معروف، ورق ميلمتري ، مسطرة.

تنبيه : يجب تفادي تعريض العين لأشعة اللازر، لما تشكله من خطر على شبكية العين، قد تؤدي إلى العمى.

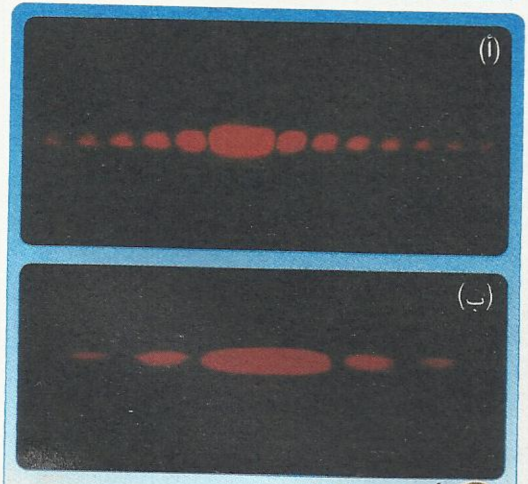


① تبيانة التركيب التجريبي

- ننجز التركيب التجريبي جانبه حيث :

ـ الحزمة الضوئية المنبعثة من منبع اللازر تقع في وسط الورق الميلمتري.

- نضع صفيحة بها شق عرضه a على مسافة $D = 1{,}5\ m$ من الشاشة، فنشاهد على هذه الأخيرة الشكل 2 .أ.
- نعوض الصفيحة بأخرى شقها عرضه $\frac{a}{2}$ ، فنحصل على (الشكل 2 .ب).
- نحتفظ بنفس المسافة $D = 1{,}5\ m$ ، ونستعمل صفائح شقوقها مختلفة العرض a . نقيس بالنسبة لكل صفيحة العرض L للبقع المركزية المشاهدة على الشاشة.
- ندون في جدول قيم كل من a و L . يعتبر الجدول التالي نموذجا للنتائج المحصَّلة :



② أ : عرض الشق a

ب ـ عرض الشق $\frac{a}{2}$

a(µm)	100	120	200	250	300
L(mm)	19	16	10	7.5	6.5

استثمار :

1. قارن أحد الشكلين المحصَّلَين (الشكلان 2 ـ أ و 2 ـ ب) مع ما تمت مشاهدته في ظاهرة حيود موجات على سطح الماء.
2. ذكِّر بمبدأ الانتشار المستقيمي للضوء. هل يتحقق هذا المبدأ خلال هذه التجربة ؟
3. ماذا يمكن استخلاصه فيما يخص طبيعة الضوء ؟
4. يرمز للفرق الزاوي بين وسط البقعة المركزية وأول بقعة مظلمة بالحرف θ .

1. 4 ـ بالنسبة لفرق زاوي θ صغير، يمكن كتابة العلاقة $\tan\theta \simeq \theta$ ، حيث يعبر عن θ بالراديان.

أثبت العلاقة : $\theta \simeq \frac{L}{2D}$.

2. 4 ـ مثل المنحنى الممثل لتغيرات θ بدلالة $\frac{1}{a}$: $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$.

3. 4 ـ علما أن طول الموجة للضوء المنبعث من اللازر هو : $\lambda = 633\ nm$ ، اِستنتج من المنحنى العلاقة : $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

5. ما تأثير عرض الشق a على العرض L للبقعة المركزية ؟
6. ماذا تلاحظ عند تعويض شق عرضه a بسلك رفيع سمكه يساوي a ؟ استنتج.

شق	fente	سلك رفيع	fil fin	بقعة مركزية	tache centrale

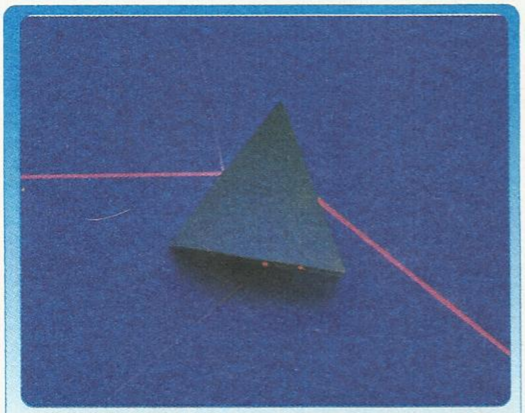
النشاط 2 ظاهرة تبدد الضوء الأبيض نشاط تجريبي

كيف تبرز تجريبيا ظاهرة تبدد الضوء الأبيض ؟

المناولة 1 : انحراف ضوء أحادي اللون بواسطة موشور

العدة التجريبية : موشور من الزجاج، منبع لازر، حجاب، شاشة.

- نرسل حزمة ضوئية منبعثة من منبع لازر على وجه موشور (الشكل 3).



3 انحراف الضوء الأحمر لمنبع اللازر

استثمار :

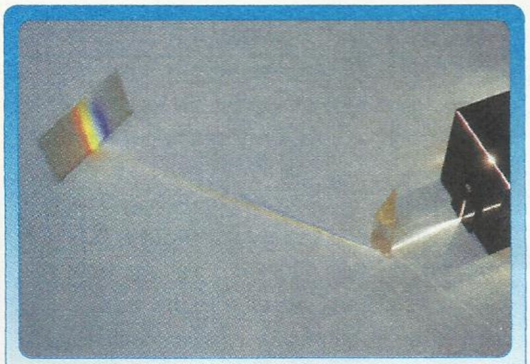
1. صِف ما تشاهده على الشاشة. هل يتحقق مبدأ الانتشار المستقيمي للضوء ؟
2. ذَكِّر بقانون ديكارت الثاني للانكسار، موضحا مدلول كل مقدار.
3. كم عدد انكسارات الحزمة الضوئية بعد اجتيازها الموشور؟

المناولة 2 : ظاهرة تبدد الضوء الأبيض بواسطة موشور

العدة التجريبية : موشور من الزجاج، منبع للضوء الأبيض، حجاب، شق، شاشة.

- نرسل حزمة من الضوء الأبيض على وجه موشور.

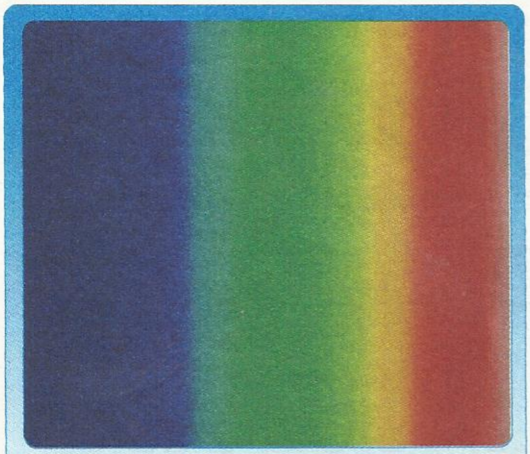
يسمى الشكل المحصَّل على الشاشة " طيف الضوء الأبيض".



4 التركيب التجريبي

استثمار :

1. ماذا تلاحظ على الشاشة في غياب الموشور ؟
2. صِف ما تشاهده على الشاشة، بعد اجتياز الضوء الأبيض للموشور.
3. ما لون الضوء الأكثر انحرافا ؟ ولون الضوء الأقل انحرافا ؟
4. ذكر بتعريف معامل الانكسار n لوسط معين.
5. اعتمادا على قانون ديكارت الثاني للانكسار.
   - 1.5 - بين أن معامل انكسار الموشور يتعلق بلون الشعاع الضوئي؛ أي بطول الموجة λ لهذا الشعاع.
   - 2.5 - استنتج أن سرعة انتشار الضوء الأحادي اللون في الزجاج تتعلق بتردد هذا الضوء.
6. ذكر بتعريف وسط مبدد.
7. هل الزجاج وسط مبدد للضوء ؟



5 طيف الضوء الأبيض المحصَّل بواسطة موشور

تبدد	dispersion	موشور	prisme	حجاب	diaphragme	طيف	spectre

1 الطبيعة الموجية للضوء

1.1 ـ ظاهرة حيود الضوء

ينتشر الضوء المنبعث من منبع اللازر في أوساط شفافة ومتجانسة وفق خطوط مستقيمية، وهذا ما يسمى **مبدأ الانتشار المستقيمي للضوء**.

> عند إضاءة شق عرضه صغير جدا بحزمة لازر، فإن مبدأ الانتشار المستقيمي للضوء لا يتحقق. نشاهد على الشاشة بقعاً مضيئة وأخرى مظلمة بشكل متتابع، تقل شدة إضاءتها كلما ابتعدنا عن المركز، بحيث يتصرف الشق هنا كمنبع ضوئي وهمي. تسمى هذه الظاهرة **ظاهرة الحيود** (الشكل 6).

يمكن مشاهدة هذه الظاهرة عندما نسلط حزمة ضوئية :

- على سلك رفيع : الشكل المحَصَّل مشابه للشكل المشاهد بالنسبة لشق (الشكل 7).
- على ثقب : الشكل المحصَّل يحتوي على بقعة دائرية قطرها أكبر من قطر الثقب، وتحيط بها على التوالي حلقات داكنة وأخرى مضيئة (الشكل 8).
- على سجاف من الترغال : نلاحظ شكلا يحتوي على نقط ضوئية مقزَّحة (الشكل9).

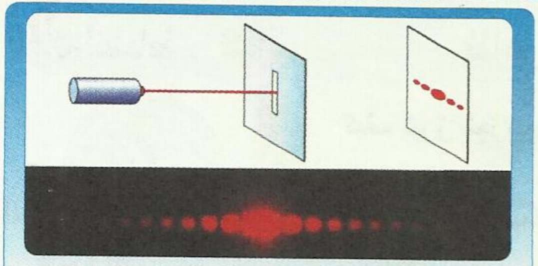
2.1 ـ الضوء موجة كهرمغنطيسة

كما هو الشأن بالنسبة لحيود موجة ميكانيكية على سطح الماء، يتم حيود الضوء بواسطة فتحات صغيرة (ثقب، شق) أو سلك رفيع . . . . ، الشيء الذي يُثبت فرضية أن للضوء **طبيعة موجية** (النشاط 1ص42).

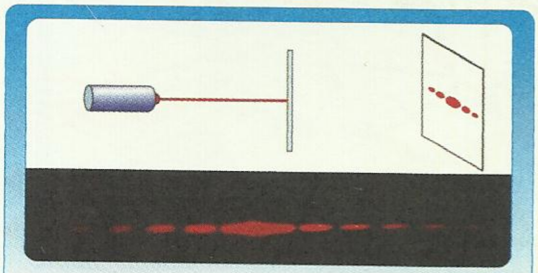
وقد توصل العالم (فرينيل Fresnel) إلى هذه الفرضية سنة 1921م، حيث افترض أن الضوء موجة مستعرضة، وأن التشوه الذي ينتشر هو عبارة عن مجال كهربائي مرفق بمجال مغنطيسي، أي أن الضوء موجة كهرمغنطيسية. على عكس الموجات الميكانيكية، فالضوء موجة لاتحتاج لوسط مادي للانتشار؛ إذ يمكنه الانتشار في الفراغ (الشكل10).

> الضوء موجة كهرمغنطيسية تنتشر في أوساط شفافة مادية وغير مادية

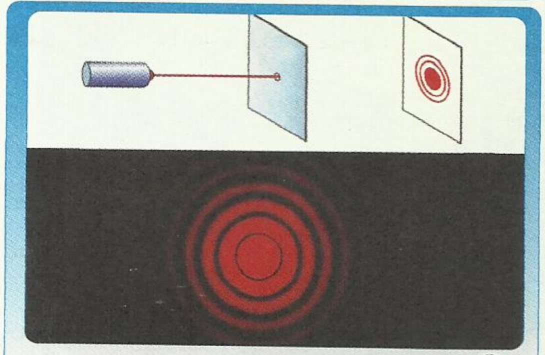
سجاف	voilage	موجة كهرمغنطيسية	onde électromagnétique
فرضية	hypothèse		



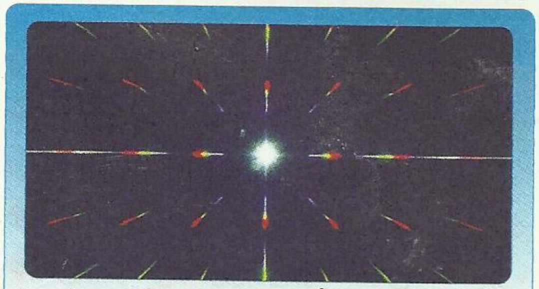
6 حيود الضوء بواسطة شق



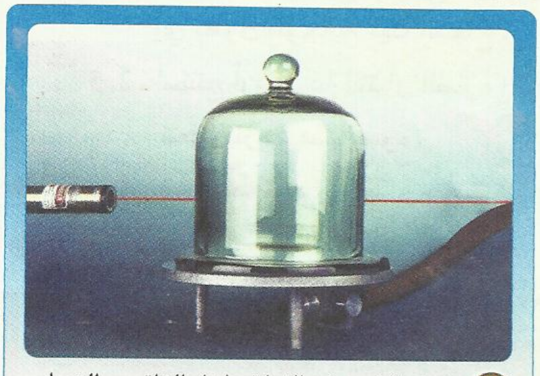
7 حيود الضوء بواسطة سلك



8 حيود الضوء بواسطة ثقب



9 حيود الضوء الأبيض بواسطة سجاف من الترغال



10 ينتشر الضوء في الفراغ داخل الناقوس الزجاجي

② خصائص الموجة الضوئية

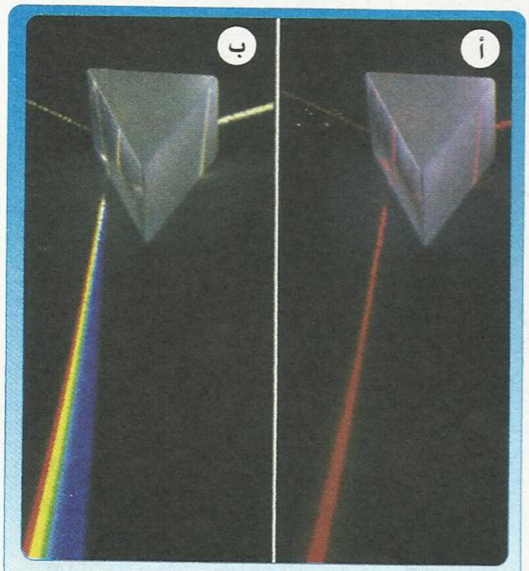
1.2 - الموجة الضوئية الأحادية اللون

نسمي ضوءا أحادي اللون كل ضوء لا يتبدد بعد اجتيازه لموشور. ونقرن كل ضوء أحادي اللون بموجة ضوئية أحادية اللون، وهي موجة متوالية جيبية تتميز :

- بترددها ν (أو دورها $T = \frac{1}{\nu}$)، يفرضه المنبع.
- بسرعتها v ، وتتعلق بطبيعة الوسط.

مثال : الضوء المنبعث من اللازر ينحرف ولا يتبدد عند اجتيازه لموشور، (النشاط 2 ص43)؛ فهو إذن ضوء أحادي اللون.

أما الضوء الأبيض فهو ينحرف ويتبدد بعد اجتيازه لموشور، مما يدل على أنه ضوء متعدد الألوان؛ أي متكوِّن من عدة أضواء أحادية اللون (الشكل 11. ب).



11 أ - ضوء اللازر أحادي اللون
ب - الضوء الأبيض متعدد الألوان

2.2 - سرعة انتشار الضوء

أ - سرعة انتشار الضوء في الفراغ

تنتشر الموجات الضوئية في الفراغ كباقي الموجات الكهرمغنطيسية، بسرعة c تقارب $3.10^{8}\ m.s^{-1}$.

إن سرعة انتشار الضوء في الفراغ ثابتة عالمية بينت القياسات الدقيقة أنها تساوي : $c = 299792458\ m.s^{-1}$.

بيَّن العالم (أينشتاين Einstein) أن سرعة الأجسام المادية لا يمكنها أن تتعدى سرعة الضوء c في الفراغ.

ب - سرعة انتشار الضوء في وسط مادي شفاف - معامل الانكسار

تنتشر الموجة الضوئية في وسط مادي بسرعة v أقل من c.

نُعرِّف **معامل الانكسار** لوسط شفاف، بالنسبة لضوء أحادي اللون معين، بالعلاقة : $\boxed{n = \frac{c}{v}}$.

حيث c : سرعة انتشار الضوء في الفراغ؛

و v : سرعة انتشار الضوء في الوسط الشفاف.

الوسط	معامل الانكسار n
الفراغ	1
الهواء	1,00014
الماء	1,333
الزجاج	1,50
البلور	1,63
الماس	2,418

معامل الانكسار لبعض الأوساط بالنسبة لضوء أحادي اللون طول موجته $\lambda = 589\ nm$

ملحوظات :

- معامل الانكسار n مقدار بدون وحدة.
- معامل الانكسار أكبر من 1 : $n > 1$.
- معامل انكسار الهواء يقارب 1، وسرعة انتشار الضوء في الهواء تقارب سرعته في الفراغ.

موجة أحادية اللون	onde monochromatique
متعدد الألوان	polychromatique
معامل الانكسار	indice de réfraction

3.2 - التردد وطول الموجة

يرتبط لون كل ضوء أحادي اللون بالتردد.

تتميز الموجة الضوئية الأحادية اللون بترددها ν الذي لا يتعلق بوسط الانتشار، ولا يتغير عند انتقالها من وسط شفاف إلى آخر.

في علم البصريات، يفضل تمييز موجة ضوئية أحادية اللون بطول موجتها في الفراغ λ_0 عوض ترددها ν .

تعبير طول الموجة λ_0 لموجة أحادية اللون في الفراغ هو :

$$\boxed{\underset{(m)}{\lambda_0} = \underset{(m.s^{-1})}{c}.\underset{(s)}{T} = \frac{c}{\underset{(Hz)}{\nu}}}$$

بالنسبة لوسط معين : $\lambda = v.T = \frac{v}{\nu}$.

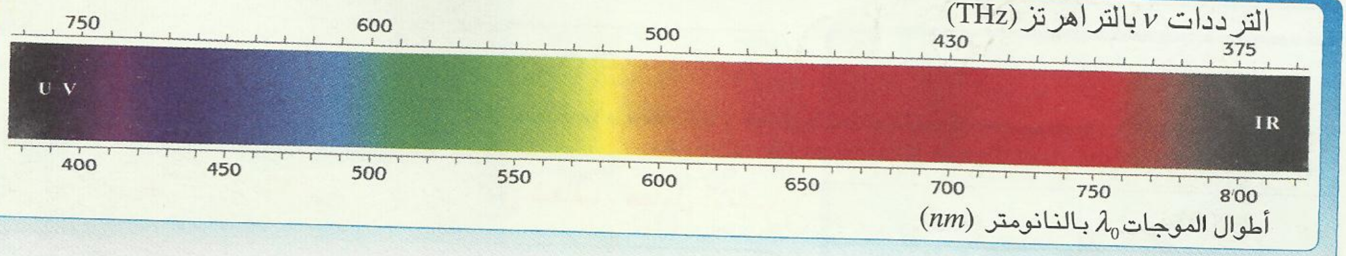
بما أن v تتعلق بطبيعة الوسط فإن ν أيضا تتعلق بطبيعة وسط الانتشار.

يتعلق طول الموجة لضوء أحادي اللون تردده ν بوسط الانتشار.

12 يستعمل ضوء اللازر الأحادي اللون في جراحة شبكية العين

4.2 - مجال الموجات الضوئية المرئية

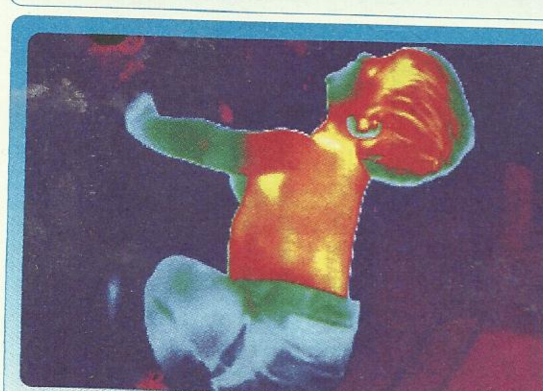
إن عين الإنسان حساسة للموجات الضوئية ذات أطوال موجات تنتمي للمجال المحصور بين 400 *nm* و 800 *nm* ، نسميه المجال المرئي وتحده الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء.


الترددات ν بالتراهرتز (THz)
750
600
500
430
375
U V
IR
400
450
500
550
600
650
700
750
800
أطوال الموجات λ_0 بالنانومتر (*nm*)

13 مجال الأشعة المرئية

- مجال الأشعة فوق البنفسجية (U.V): وهو مجال غير مرئي، يكون فيه طول الموجة λ محصورا بين 10 *nm* و 400 *nm*، وهي أشعة معروفة بتأثيرها الخطير على الجلد، إذ تتسبب في سرطان الجلد. وتستعمل في تعقيم الأدوات الطبية نظرا لقدرتها على القضاء على البكتيريا.
- مجال الأشعة تحت الحمراء (IR) : وهو مجال غير مرئي يكون فيه طول الموجة λ محصورا بين 800 *nm* و 1000 *nm* .

يبعث جسم الإنسان أشعة تحت الحمراء، يتعلق طول موجتها في الفراغ بدرجة حرارة منطقة الجسم الباعثة. ويبين (الشكل14) صورة لطفل أخذت بكاميرا خاصة بالأشعة تحت الحمراء، حيث يوافق اللون البنفسجي درجة الحرارة (19°C) ، ويوافق اللون الأحمر درجة الحرارة (36°C).



14 صورة أخذت بكاميرا خاصة بالأشعة تحت الحمراء

فوق البنفسجي	ultra - violet
تحت الأحمر	infra-rouge
شبكية	rétine

تمرين تطبيقي

يحمل منبع لازر الإشارة ″ طول الموجة في الفراغ $\lambda_0 = 632\ nm$ ″

1 - احسب تردد الضوء المنبعث من هذا المنبع .

2 - ما سرعة انتشار هذا الضوء في الماء ؟

3 - إستنتج طول الموجة λ لهذا الضوء في الماء .

نعطي : معامل انكسار الماء بالنسبة لهذا الضوء : $n = 1,33$.

سرعة انتشار الضوء في الفراغ : $c = 3,00.10^8 m.s^{-1}$.

حـل

1 - التردد هو :

$$\nu = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3,00.10^8}{632.10^{-9}} = 4,74.10^{14}\ Hz$$

2 - سرعة الانتشار في الماء :

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3,00.10^8}{1.33} = 2,25.10^8\ m.s^{-1}$$

3 - طول الموجة في الماء :

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{2,25.10^8}{4,74.10^{14}} = 475.10^{-9}\ m$$

$$\lambda = 475\ nm$$

3 حيود موجة ضوئية أحادية اللون

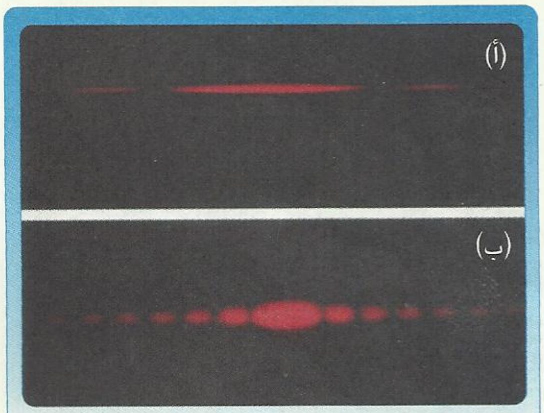
1.3 - مميزات حيود موجة ضوئية أحادية اللون بواسطة شق

أثناء حيود ضوء أحادي اللون بواسطة شق، هناك عاملان يمكنهما التأثير على الظاهرة الملاحظة :

- تأثيرعرض الشق a .
- تأثير طول موجة الضوء الأحادي اللون λ.

أ - تأثير عرض الشق a

نلاحظ من خلال النشاط 1 (ص42) أن عرض البقعة المركزية الملاحظة على الشاشة يزداد كلما صغر عرض الشق.

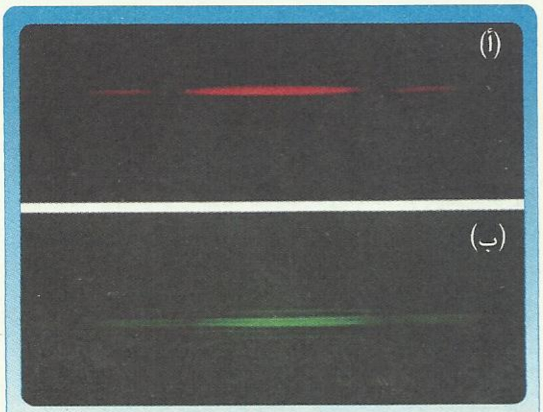


15 أ- عرض الشق $a = 0,1\ nm$
ب - عرض الشق $a = 0,3\ nm$

تكون ظاهرة الحيود أكثر أهمية عندما يكون عرض الشق أصغر.

ب - تأثير λ طول موجة الضوء الأحادي اللون

عند الاحتفاظ بنفس عرض الشق، واستعمال ضوئين أحاديي اللون، مثل : منبع لازر (لونه أحمر) ومنبع لازر(لونه أخضر)، نلاحظ أن عرض البقعة المركزية يكون أكبر بالنسبة للضوء ذي الموجة الأطول(الشكل 16).



16 أ- اللازر الأحمر : $\lambda_r = 650\ nm$
ب - اللازر الأخضر : $\lambda_v = 530\ nm$

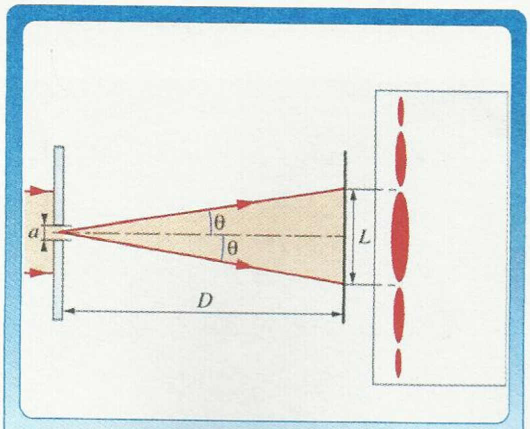
يزداد عرض البقعة المركزية لظاهرة الحيود كلما ازداد طول موجة الضوء الأحادي اللون المستعمل.

لازر	laser	ظاهرة	phénomène	عرض البقعة	largeur de la tache

2.3 ـ الفرق الزاوي θ

خلال حيود موجة ضوئية أحادية اللون، طول موجتها λ، بواسطة شق عرضه a، يكون الفرق الزاوي θ بين وسط البقعة المركزية وأول بقعة مظلمة هو:

$$\boxed{\underset{(rad)}{\theta} = \frac{\overset{(m)}{\lambda}}{\underset{(m)}{a}}}$$



17 يفصل الفرق الزاوي θ بين وسط البقعة المركزية وأول بقعة مظلمة

في النشاط 1 (ص 41) يتم التحقق تجريبيا من العلاقة $\theta = \frac{\lambda}{a}$، وذلك بقياس الزاوية θ في كل مرة يُغيَّر فيها عرض الشق a. يمثَّل المنحنى $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ فنحصل على مستقيم يمر من الأصل، معامله الموجه يقارب $\lambda_0 = 633nm$.

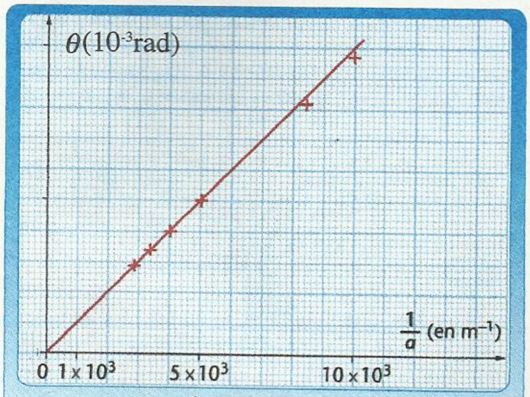
أي أن: $\theta = \frac{\lambda}{a}$ (الشكل 18).

قياس θ يتم بعد قياس كل من:

- L عرض البقعة المركزية.
- D المسافة الفاصلة بين الشق والشاشة.

حيث: $\tan\theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$.

عمليا، إذا كانت النسبة $\frac{L}{2D}$ صغيرة جدا فإن $\tan\theta \approx \theta(rad)$؛ أي: $\theta \approx \frac{L}{2D}$.



18 تمثيل المنحنى θ بدلالة $\frac{1}{a}$، وهو يعبر عن ملاءمة العلاقة: $\theta = \frac{\lambda}{a}$

ملحوظة:

- يلاحظ أن العلاقة $\theta = \frac{\lambda}{a}$ توافق ما تمت ملاحظته تجريبيا فيما يخص تأثير كل من a و λ.
- تعبير العرض L للبقعة المركزية هو: $L = 2.D.\theta = 2D.\frac{\lambda}{a}$.

أمثلة:

- بالنسبة للحالة: $a = 100\lambda$، نأخذ $D = 3m$. العرض L للبقعة المركزية هو: $L = 2D.\frac{\lambda}{a} = 2\times3\times\frac{1}{100} = 0{,}06m = 6cm$ وهي قيمة يمكن قياسها بالمسطرة.
- بالنسبة للحالة: $a = 10\lambda$، $D = 3m$. العرض L للبقعة المركزية هو: $L = 60\ cm$، أي أن الحيود أهم 10 مرات.
- بالنسبة للحالة $a = 1000\lambda$، $D = 3m$. العرض L للبقعة المركزية هو: $L = 2D.\frac{\lambda}{a} = 0{,}006m = 6mm$.

وهذا يبين أن ظاهرة الحيود في هذه الحالة تكون أقل وضوحا.

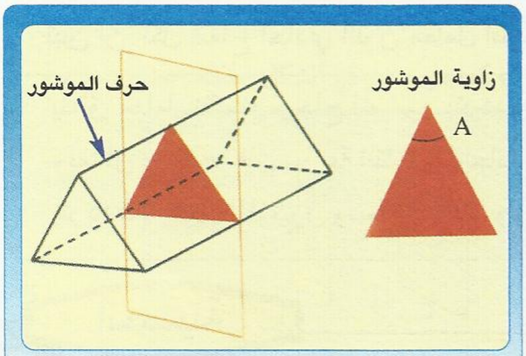
يمكن كذلك مشاهدة حيود الضوء بواسطة شق عندما يكون عرض الشق محصورا بين $10\ \lambda$ و $100\ \lambda$.

فرق زاوي	écart angulaire	معامل موجه	cœfficient directeur	بقعة مظلمة	tache sombre

4 تبدد الموجات الضوئية

1.4 - تعريف الموشور

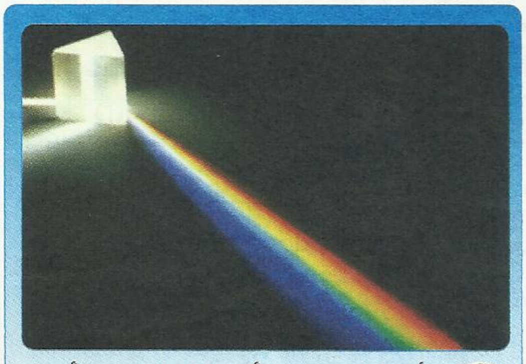
الموشور وسط شفاف محدود بوجهين مستويين يتقاطعان حسب مستقيم يسمى حرف الموشور (الشكل 19).



19 تبيانة موشور

2.4 - تبدد الضوء الأبيض بواسطة موشور

يلاحظ في النشاط 2 (ص43) انحراف الحزمة الضوئية بعد اجتيارها للموشور، حيث تتعرض الحزمة الضوئية لظاهرة الانكسار مرتين. يلاحظ على الشاشة تَكوُّن بقعة ضوئية ملونة، وتشبه هذه الألوان ألوان قوس قزح. تسمى هذه البقعة الضوئية الملونة **طيف الضوء الأبيض**. يلاحظ أن الضوء البنفسجي أكثر انحرافا من الضوء الأحمر (الشكل 20).



20 الأشعة البنفسجية أكثر انحرافا من الأشعة الحمراء

تسمى الظاهرة التي تمكن من فصل الإشعاعات ذات الألوان المختلفة تبدد الضوء.

21 قوس قزح الناتج عن تحليل الضوء الأبيض للشمس بواسطة قطرات المطر

3.4 - تأثير لون الضوء على معامل الانكسار

أ - زاوية الانحراف

زاوية الانحراف D لشعاع ضوئي بواسطة موشور هي الزاوية بين الاتجاهين IH و HI' للشعاع الوارد والشعاع المنبثق $D = (\widehat{IH,HI'})$.

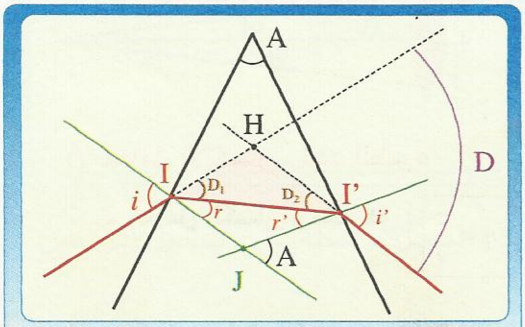
نعتبر المثلث IJI' ، تُحقق A زاوية الموشور العلاقة : $\boxed{A = r + r'}$

حيث r زاوية الانكسار عند I و r' زاوية الورود عند النقطة I'.

ينحرف الشعاع الوارد مرتين على الموشور:

- الانحراف الأول D_1 عند النقطة I : $D_1 = \widehat{HII'} = i - r$
- الانحراف الثاني D_2 عند النقطة I' : $D_2 = \widehat{HI'I} = i' - r'$

زاوية الانحراف D هي: $\boxed{D = D_1 + D_2 = i - r + i' - r' = i + i' - A}$



22 زاوية الانحراف D لشعاع بواسطة موشور

ب - تعليل ظاهرة تبدد الضوء

بتطبيق القانون الثاني لديكارت عند I و I' نكتب:

$\boxed{\sin i = n.\sin r}$ و $\boxed{\sin i' = n.\sin r'}$

يتبين من هذه العلاقة الأخيرة أن زاوية الانبثاق i' تتعلق بمعامل الانكسار n. وبما أن زاوية الانحراف D ترتبط بالزاوية i' فإنها ترتبط كذلك بمعامل الانكسار.

الانحرافات D المختلفة لموجات ضوئية أحادية اللون ذات ترددات مختلفة تبين أن لكل شعاع أحادي اللون معامل انكسار n .

يتعلق معامل انكسار زجاج الموشور بتردد الموجات الضوئية .
وبما أن $n = \frac{c}{v}$ فإن سرعة انتشار الموجات الضوئية تتعلق كذلك بترددها. زجاج الموشور وسط مبدد للضوء.

الإشعاع	طول الموجة λ (nm)	معامل الانكسار n
الأحمر	768	1,618
البرتقالي	656	1,627
الأصفر	589	1,629
الأزرق	486	1,641
البنفسجي	434	1,652

معامل انكسار الزجاج بالنسبة لإشعاعات أحادية اللون

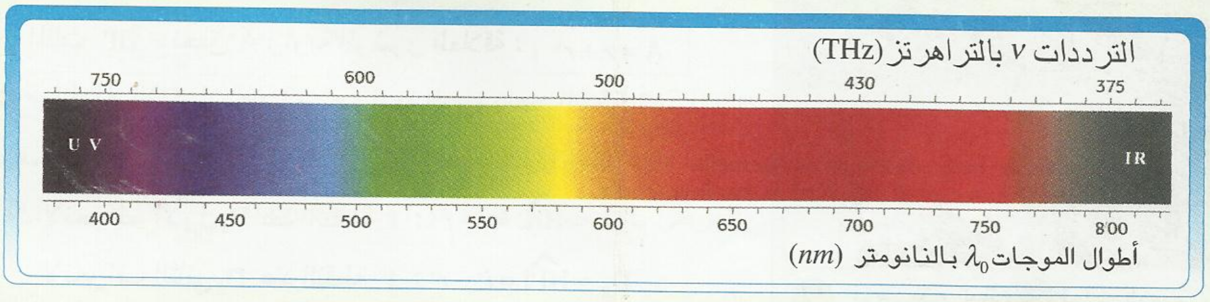
الحصيلة

الطبيعة الموجية للضوء

- الضوء موجة كهرمغنطيسية تنتشر في أوساط شفافة مادية وغير مادية.
- سرعة انتشار الموجات الضوئية في الفراغ هي : $c = 3.10^8 m.s^{-1}$.
- الضوء الأحادي اللون موجة متوالية جيبية تتميز :
  - بترددها ν (أو بالدور $T = \frac{1}{\nu}$) يفرضه المنبع.
  - بطول موجتها λ_0 في الفراغ : $\lambda_0 = \frac{c}{\nu}$.

لون الضوء وطول موجته في الفراغ

- يرتبط لون كل شعاع أحادي اللون بتردده ν.
- لا يتغير التردد ν لشعاع أحادي اللون عند انتقاله من وسط شفاف لآخر.
- ترى عين الإنسان الموجات الضوئية التي ينحصر طول موجتها λ_0 في الفراغ بين القيمتين $400\ nm$ و $800\ nm$.


الترددات ν بالتراهرتز (THz)
750
600
500
430
375
U V
IR
400
450
500
550
600
650
700
750
800
أطوال الموجات λ_0 بالنانومتر (nm)

حيود الضوء الأحادي اللون بواسطة حاجز عرضه a

- يعبر عن الفرق الزاوي θ بين وسط البقعة المركزية وأول بقعة مظلمة بالعلاقة :

$$\boxed{\underset{(rad)}{\theta} = \frac{\overset{(m)}{\lambda}}{\underset{(m)}{a}}}$$

معامل الانكسار - تبدد الضوء

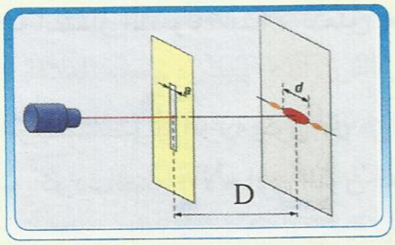
- معامل انكسار وسط هو : $\boxed{n = \frac{c}{v}}$

c : سرعة انتشار الضوء في الفراغ.
v : سرعة انتشار الضوء في الوسط.

- يتعلق معامل انكسار وسط شفاف بتردد الإشعاعات الضوئية، وهذا ما يسبب ظاهرة تبدد الضوء.

تمرين محلول

• ننجز تجربة حيود الضوء المنبعث من جهاز اللازر باستعمال شق عرضه a ، كما هو مبين في الشكل أسفله. طول موجة اللازر هو : $\lambda = 633\ nm$.



• نقيس عرض البقعة المركزية d بالنسبة لقيم مختلفة لعرض الشق a .

a (mm)	0,25	0,20	0,15	0,10
d (mm)	13	16	21	32

1 - كيف يتغير d عرض البقعة المركزية عندما يتناقص a عرض الشق؟

2 - مثل المنحنى الممثل لتغيرات d بدلالة $\frac{1}{a}$. ماذا تستنتج ؟

3 - كم يساوي عرض الشق الذي يحدث على الشاشة بقعة مركزية عرضها d =18mm ؟

4 - أُحسب المسافة الفاصلة بين الشق والشاشة إذا كان عرض الشق المستعمل هو: $a = 0{,}25mm$.

5 - نعوض الشق" بشعرة" سمكها e، نقيس على الشاشة عرض البقعة المركزية، فنجد: d =15mm . أُحسب e.

إرشادات

1 - ملاحظة تغير قيم a و d على الجدول.

2 - يستحسن استعمال a بـ mm واستعمال سلم ملائم.

4 - اعتمادا على الشكل نستخلص العلاقة الرياضية بين D و θ و d. نستحضر العلاقة بين θ و λ و a الواردة في الدرس.

5 - معرفة أن ظاهرة الحيود بواسطة شق أو بواسطة سلك سمكه رفيع، تعطي أشكالا متشابهة.

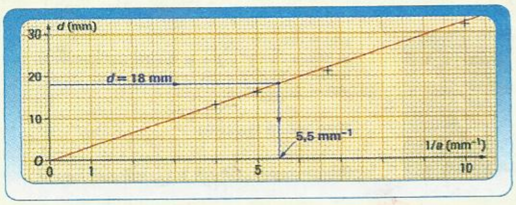
حل

1 - نلاحظ من الجدول أنه عندما يتناقص a عرض الشق يتزايد d عرض البقعة المركزية على الشاشة، وهي نتيجة عامة لظاهرة الحيود.

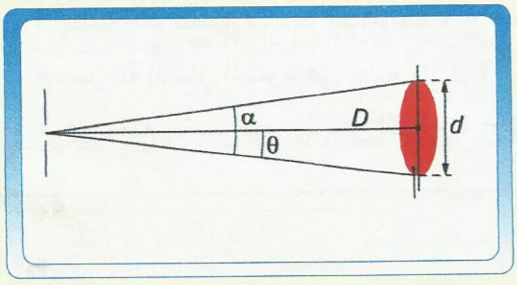
2 - نتمم الجدول مع الاحتفاظ بـ a بـ mm و d بـ (mm) . ونمثل $d = f(1/a)$ بالسلم :
$1\,cm \leftrightarrow 1\,mm^{-1}$ ،
و $1\,cm \leftrightarrow 10\,mm$.

a (mm)	0,25	0,20	0,15	0,10
d (mm)	13	16	21	32
$\frac{1}{a}(mm^{-1})$	4,00	5,00	6,67	10

المنحنى عبارة عن مستقيم يمر بأصل المعلم. إذن العرض d يتناسب اطرادا مع $\frac{1}{a}$.



3 - من المنحنى، إذا كان $d = 18\ mm$ نحصل على: $\frac{1}{a} = 5{,}5\ mm^{-1}$ أي : $a = 0{,}18\ mm$.



4 - من الشكل جانبه لدينا : $\tan\theta = \frac{d/2}{D}$

بما أن θ صغيرة فإن : $\tan\theta \simeq \theta(rad)$ ،

وبالتالي : $\theta(rad) = \frac{d}{2D}$.

ونعلم أن : $\theta(rad) = \frac{\lambda}{a}$.

إذن : $\frac{d}{2D} = \frac{\lambda}{a}$ ومنه : $\boxed{D = \frac{da}{2\lambda}}$.

ت ع : $D = 2{,}57m$.

5 - لظاهرة الحيود بواسطة شعرة نفس الشكل المحصّل بواسطة شق. نستعمل إذن نفس المبيان ونفس العلاقات.

بالنسبة لـ $d = 15\ mm$ نجد مبيانيا : $\frac{1}{e} \simeq 4{,}55\ mm^{-1}$ ، أي أن سمك الشعرة هو: $e = 0{,}22\ mm$.

تمارين

تمارين لاختبار المعارف

1 أجب بصحيح أو خطأ :

1 - سرعة انتشار الضوء ثابتة لا تتعلق بطبيعة وسط الانتشار.

2 - تردد الموجات الضوئية المرئية يكون أقل من $7,5\ 10^{14}$ Hz.

3 - يتعلق تردد الضوء الأحادي اللون بطبيعة وسط الانتشار.

4 - تحدث ظاهرة حيود الضوء الأحادي اللون دون تغير التردد.

5 - يتعلق طول الموجة الضوئية بطبيعة وسط الانتشار.

2 إختر الإجابة الصحيحة :

1 - تحدث ظاهرة الحيود لضوء أحادي اللون عند اجتيازه لفتحة عرضها :

أ - $10 \mu m$ ، ب - 10 mm ، ج - 5 cm .

2 - العلاقة بين الفرق الزاوي θ وعرض الفتحة a و طول الموجة λ للضوء الأحادي اللون هي :

أ - $\theta = \lambda a$ ، ب - $\theta = \frac{a}{\lambda}$ ، ج - $\theta = \frac{\lambda}{a}$

3 - باستعمال فتحة عرضها a ، نحصل على فرق زاوي θ أكبر عند حيود :

أ - الضوء الازرق ، ب - الضوء الأصفر ،

ج - الضوء الأحمر.

4 - الزجاج وسط مبدد للضوء، وهذا يعني أن سرعة انتشار الموجة الضوئية تتعلق :

أ - بطبيعة الوسط، ب - بتردد الموجة ، ج - بطول الموجة.

5 - سرعة انتشار الضوء هي 3.10^8 m/s :

أ - في جميع الأوساط، ب - في الفراغ ، ج - في الهواء.

تمارين تطبيقية

3 نضيء شقا عرضه 0,10 mm بضوء طول موجته في الفراغ $\lambda_0 = 656 nm$. نضع الشاشة على بعد D = 3m من الشق.

1 - صِف الشكل الملاحظ على الشاشة. ما اسم هذه الظاهرة ؟

2 - اعط تعبير الفرق الزاوي θ الموافق لنصف عرض البقعة المركزية. أُحسب θ .

3 - إستنتج عرض البقعة المركزية .

أجوبة : 2 - $\theta = \frac{\lambda}{a} = 6,5610^{-3}\ rad$.

3 - $\ell = 2\theta \mathrm{D} = 3,9\mathrm{cm}$.

4 **1** - اعط تعريف معامل الانكسار n لوسط شفاف.

2 - ما قيمة معامل الانكسار للفراغ وللهواء؟

3 - ما الظاهرة الملاحظة عندما تجتاز حزمة ضوئية أحادية اللون موشورا من الزجاج ؟

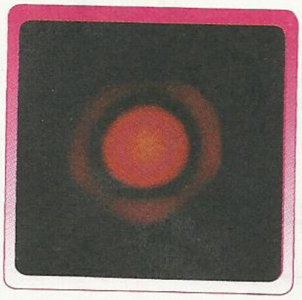
4 - ترد حزمة ضوئية بيضاء على موشور.

4. 1 - ماذا نلاحظ ؟ ما اسم هذه الظاهرة ؟

4. 2 - لكل موجة ضوئية أحادية اللون تردد v يميزها. بين أن معامل انكسار زجاج الموشور يتعلق بالتردد v.

4-3 - إستنتج أن الزجاج وسط مبدد للموجات الضوئية.

5 تبين الصورة أسفله ، الممثلة بالسلم $\frac{1}{2}$ الشكل المحصل على شاشة خلال تجربة حيود ضوء اللازر بواسطة ثقب قطره a، يبعد عن الشاشة بالمسافة D = 2,2 m.



يعبر عن الفرق الزاوي في هذه الحالة بالعلاقة :

$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{a}$.

1 - أوجد العلاقة بين θ و D و d قطر البقعة المركزية.

2 - طول موجة اللازر في الفراغ هو $\lambda = 633 nm$.

2. 1 - حدد قيمة d.

2. 2 - احسب a.

3 2. - نعوض منبع اللازر بمنبع لازر آخر طول موجته λ' فنحصل على بقعة مركزية قطرها d' = 2,0 cm .

ما قيمة λ' ؟

6 تنتشر موجة ضوئية أحادية اللون في أوساط شفافة مختلفة معامل انكسارها n. أنقل الجدول التالي على دفترك وأتمم ملأه :

	الفراغ	الماء	الزجاج
طول الموجة λ (nm)	550		
معامل الانكسار n		1,33	
سرعة الانتشار v(m/s)	$3{,}00\ 10^8$		$2{,}00\ 10^8$
التردد ν (Hz)			
لون الضوء			

7 معامل انكسار الزجاج هو :

- $n_r = 1{,}618$ بالنسبة للضوء الأحمر الذي طول موجته في الفراغ هو : $\lambda_r = 768\ nm$ ؛
- $n_v = 1{,}655$ بالنسبة للضوء البنفسجي الذي طول موجته في الفراغ هو : $\lambda_v = 434\,nm$.

1 - أُحسب سرعتي انتشار الموجتين الضوئيتين في الزجاج .

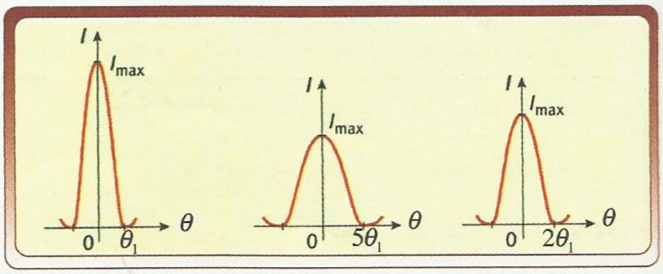
2 - استنتج خاصية الزجاج التي تبرزها هذه النتيجة .

أجوبة : 1 - $v_r = 1{,}85.10^8 ms^{-1}$ و $v_v = 1{,}81.10^8 ms^{-1}$

2 - الزجاج وسط مبدد .

تمارين توليفية

8 خلال تجربة الحيود نقيس I شدة إضاءة الموجات الضوئية المحيدة باستعمال شقوق عرضها بالتتابع $d_1 = 0{,}2$ mm و $d_2 = 0{,}5$ mm و $d_3 = 1$ mm . تمثل المنحنيات أسفله تغيرات الشدة I بدلالة الفرق الزاوي θ (بدون سلم). طول موجة الضوء الأحادي اللون في الفراغ هو $633\ nm$ ، وسرعة انتشاره في الهواء هي : $c = 3{,}00\ .10^8 ms^{-1}$.



1 - ما تردد الموجة المحيدة ؟

2 - اقرن كل منحنى بالشق الموافق له .

3 - أُحسب عرض البقعة المركزية المحصلة على شاشة تبعد بالمسافة $D = 2{,}5$ m عن الشق ذي العرض d_1 .

9 يتعلق معامل انكسار وسط شفاف بطول الموجة للضوء الأحادي اللون الذي يجتازه حسب العلاقة : $n = a + \frac{b}{\lambda^2}$ ؛ حيث a و b ثابتتان ، ووحدة طول الموجة λ هي μm .

تسمى العلاقة السابقة علاقة (كوشي Cauchy) .

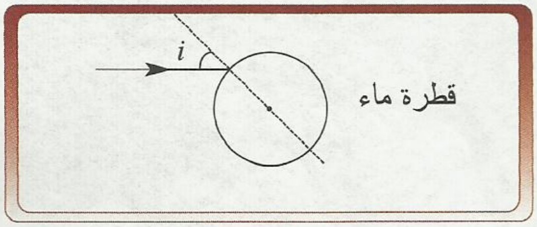
1 - احسب قيمتي a و b بالنسبة للماء علما أنه :

بالنسبة للضوء الأحمر : $\lambda_R = 0{,}740\mu m$ ؛ $n_R = 1{,}330$.

بالنسبة الضوء الأزرق : $\lambda_B = 0{,}440\mu m$ ؛ $n_B = 1{,}336$.

2 - أُحسب معامل انكسار الماء عند استعمال ضوء أصفر طول موجته $\lambda_J = 0{,}589\mu m$.

3 - ترد حزمة من الضوء الأبيض على قطرة ماء كروية الشكل بزاوية $i = 30°$. انقل الشكل أسفله ، وأتمم مسار الحزمة الضوئية .



أجوبة : 1 - $b = 1{,}79.10^{-3} m^2$, $a = 1{,}33$.

2 - $n_J \simeq 1{,}325$.

10 1 - يرد شعاع ضوئي منبعث من حبابة الصوديوم على وجه موشور بزاوية ورود $i = 45°$. قيمة زاوية الموشور هي $A = 60°$ ، ومعامل انكساره بالنسبة للإشعاع الوارد هو $n_J = 1{,}660$. أُحسب قيم الزوايا r_j و r'_j و i'_j و D_J .

2 - نفس السؤال في حالة الضوئين الأحاديي اللون الأزرق $(n_B = 1{,}673)$ والبرتقالي $(n_0 = 1{,}655)$.

3 - مثّل مسارات الأشعة الأحادية اللون قبل وبعد اجتيازها الموشور . اعط اسم الظاهرة .

أجوبة :

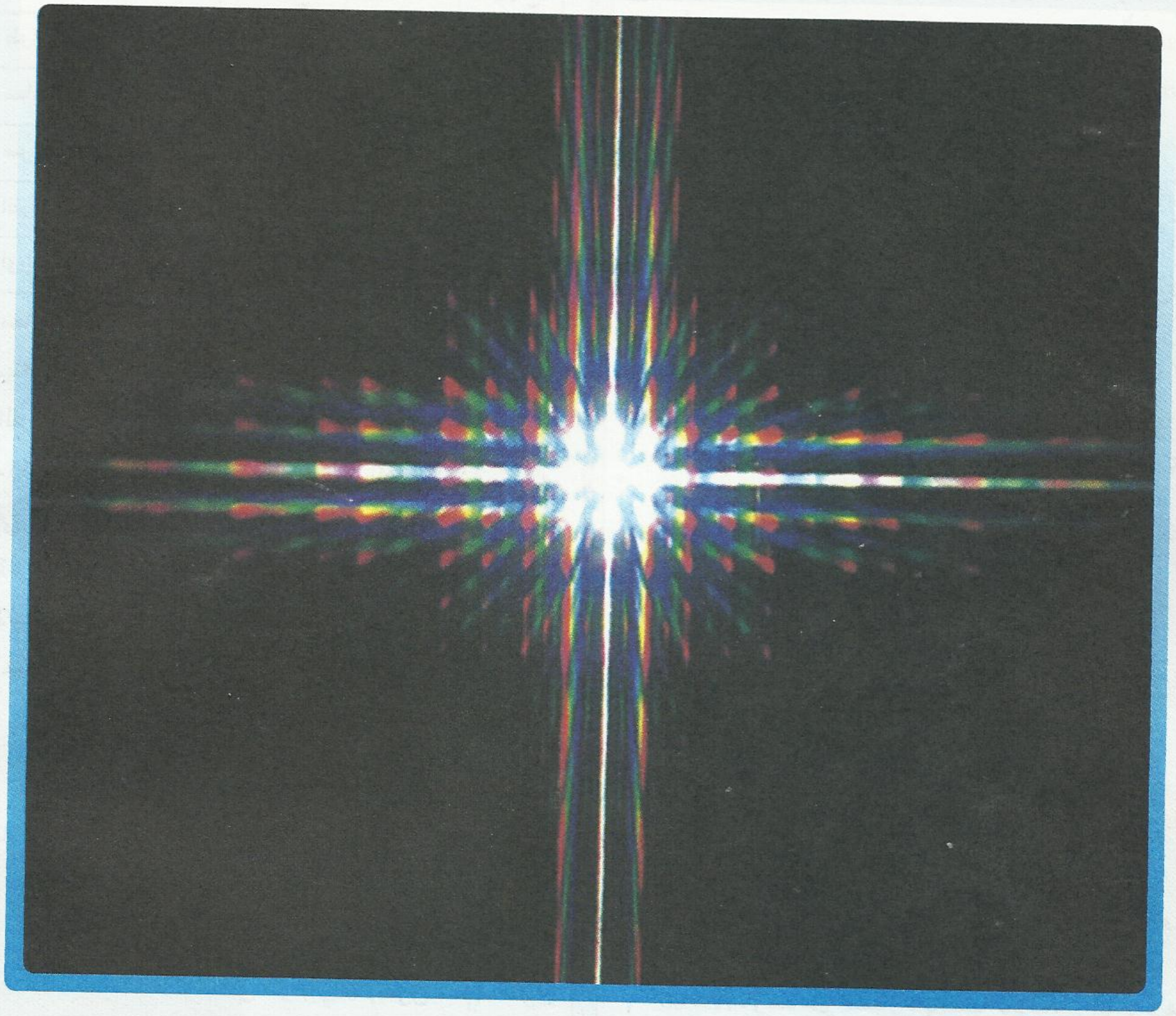
-1 $r_j = 25°13'$, $r'_j = 34°47'$, $i'_j = 71°17'$, $D_J = 56°17'$

-2 $r_B = 25°$, $r'_B = 35°$, $i'_J = 73°36'$, $D_B = 58°36'$

$r_o = 25°.18$, $r'_o = 34°.42'$, $i'_o = 70°24'$, $D_o = 55°24'$

4 حيود الضوء بواسطة شبكة

Diffraction de la lumière par un réseau



تمثل الصورة حيود الضوء بواسطة سجاف من الترغال، ويتصرف هذا الأخير كشبكة.

ما الشبكة؟ وما أنواعها؟ وما مميزاتها ؟ وما شكل الحيود الذي تعطيه ؟

الأهداف

- تعرُّف شبكة الحيود ومميزاتها؛
- تمثيل مسار أشعة ضوئية بعد اجتيازها الشبكة؛
- إثبات تعابير الاتجاهات الموافقة للإضاءات القصوى ؛
- تعرُّف وتطبيق العلاقة : $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

النشاط | **حيود الضوء بوسطة شبكة** | **نشاط تجريبي**

ما الشبكة ؟ وكيف يبرز تجريبيا حيود الضوء بواسطة شبكة ؟

المناولة 1 : كيف تتصرف الشبكة عند إضاءتها بضوء أحادي اللون ؟

العدة التجريبية : منبع لازر، شبكات بالانتقال خطواتها معلومة ، عدسة مجمعة مسافتها البؤرية f' معلومة، ورق ميليمتري، مسطرة مدرجة ، شاشة، قرص مدمج.

الشبكة بالانتقال مجموعة بصرية مكونة من صفيحة شفافة تحتوي على عدد كبير من الشقوق، وتسمى المسافة بين شقين متتاليين " **خطوة الشبكة** " ويرمز لها بالحرف a.

- نرسل حزمة ضوئية منبعثة من منبع اللازر عموديا على شبكة بالانتقال توجد أمام عدسة مجمعة.
- نضع في المستوى البؤري الصورة للعدسة شاشة، كما يوضح الشكل 2.

1 شبكات شفافة (شبكات بالانتقال)

استثمار :

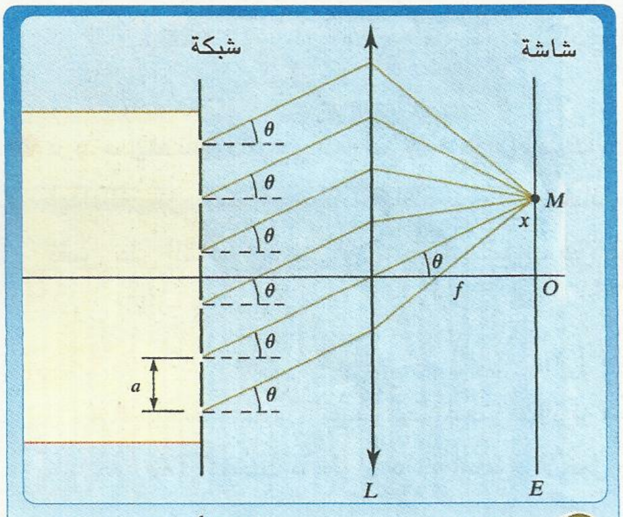
1. صِف ما تشاهده على الشاشة . ما اسم هذه الظاهرة ؟
2. البقعة المركزية هي البقعة الناتجة عن الحزمة الضوئية التي تجتاز الشبكة دون انحراف. يُصطلح على إعطاء هذه البقعة الرتبة k = 0 . وترقم البقع الأخرى انطلاقا من رتبة البقعة المركزية.

1. 2 - تحقق تجريبيا أن إضاءة البقع تنقص مع تزايد رتبها.

2. 2 - θ هي زاوية انحراف الأشعة الضوئية التي تؤدي إلى تَكوُّن البقعة الضوئية ذات الرتبة k، والتي تبعد عن البقعة المركزية بالمسافة x.

بالنسبة للبقعة ذات الرتبة k = 1 ، أوجد تعبير θ بدلالة المسافة x ، و f' المسافة البؤرية الصورة للعدسة(الشكل2).

نذكِّر أن : $\tan\theta \simeq \theta(rad)$ عندما تكون θ صغيرة.



2 تبيانة التركيب التجريبي. تتداخل الأشعة الضوئية ذات الاتجاهاتθ والمنبثقة من الشبكة، لتعطي بقعة ضوئية في نقطة M على الشاشة

3. **1. 3 -** قس x على الشاشة واحسب $\theta(rad)$. قارن بين $\theta(rad)$ والنسبة $\frac{\lambda}{a}$. λ هوطول موجة اللازر في الفراغ $(\lambda = 633\ nm)$

2. 3 - نعيد نفس التجربة باستعمال شبكات ذات خطوات مختلفة. نهتم دائما بالبقعة ذات الرتبة k = 1 .

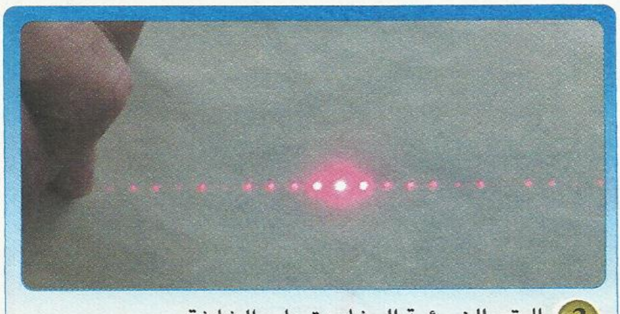
ماتأثير خطوة الشبكة على الزاوية θ ؟

4. نعوض الشبكة بقرص مدمج.

1. 4 - ماذا تلاحظ ؟

2. 4 - أين يجب وضع الشاشة للحصول على بقع ضوئية ؟

3. 4 - هل القرص المدمج شبكة بالانتقال؟

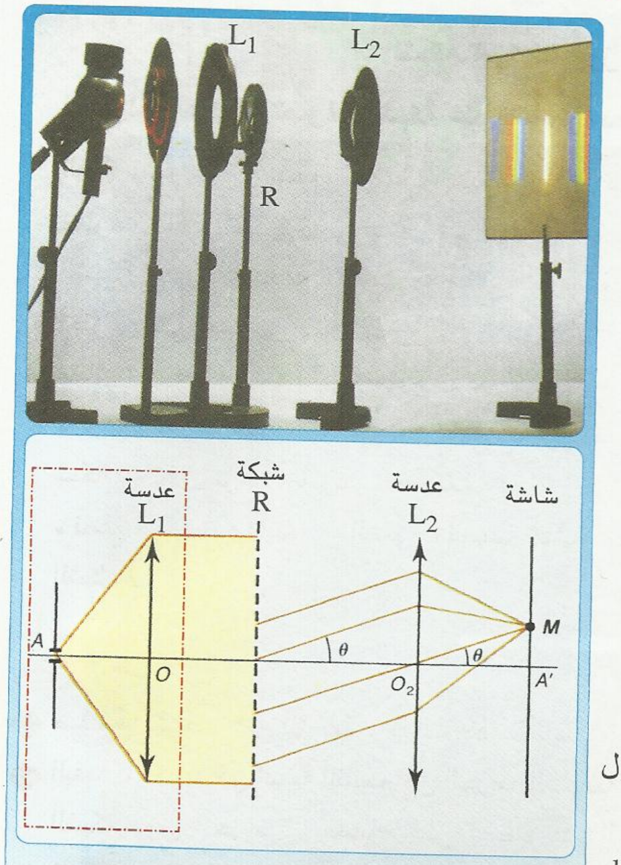


3 البقع الضوئية المشاهدة على الشاشة

المناولة 2 : ماذا يحدث للضوء الأبيض عند اجتيازه شبكة بالانتقال ؟

العدة التجريبية : منبع للضوء الأبيض، حجاب به شق، شبكات بالانتقال عرضها معلوم، عدسات مجمعة مسافاتها البؤرية الصورة f' معلومة، شاشة.

- نرسل حزمة ضوئية أسطوانية من الضوء الأبيض عموديا على شبكة بالانتقال توجد أمام عدسة مجمعة L_2.
- نضع في المستوى البؤري الصورة للعدسة L_2 شاشة (الشكل4).



4 التركيب التجريبي وتبيانته (تمكن المجموعة البصرية المؤطرة بخط متقطع من الحصول على حزمة ضوئية أسطوانية من الضوء الأبيض)

استثمار :

1 صِف ما تشاهده على الشاشة. ما اسم هذه الظاهرة ؟

2 تكون البقعة المركزية بيضاء اللون. اقترح تفسيرا لذلك.

3 بالنسبة للطيف ذي الرتبة $k = 1$.

1.3 - ما الضوء الأكثر انحرافا، الأحمر أم البنفسجي؟ هل يتوافق هذا مع ما تمت ملاحظته بالنسبة للموشور ؟

2.3 - كيف تتغير زاوية انحراف شعاع أحادي اللون مع طول موجته؟

4 نريد معرفة تأثير a، على العرض $(x_{IR} - x_{IV})$ للطيف ذي الرتبة $k = 1$. لهذا الغرض نستعمل شبكات ذات خطوات مختلفة، وفي كل مرة نقيس على الشاشة العرض $(x_{IR} - x_{IV})$ للطيف ذي الرتبة $k = 1$.

ندون النتائج في جدول.

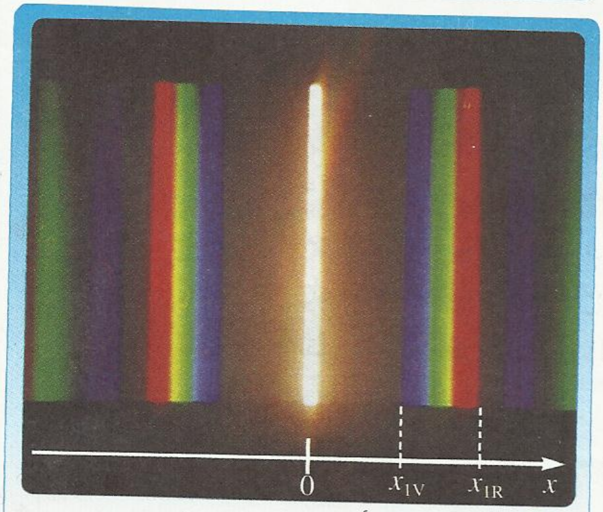
1.4 - مثل المنحنى الممثل لتغيرات $(x_{IR} - x_{IV})$ بدلالة $\frac{1}{a}$.

2.4 - احسب المعامل الموجه لهذا المنحنى وقارنه مع الجداء $f'.(\lambda_R - \lambda_V)$، حيث λ_R طول موجة الضوء الأحمر و λ_V طول موجة الضوء البنفسجي، و f' المسافة البؤرية للعدسة المجمعة.

نعطي : ($\lambda_V = 390\ nm$ و $\lambda_R = 750\ nm$).

5 كيف يتغير العرض $(x_{IR} - x_{IV})$ مع خطوة الشبكة؟

6 نعوض L_2 بعدسة مجمعة أخرى مسافتها البؤرية الصورة أكبر، ونحرص على وضع الشاشة في مستواها البؤري الصورة. كيف يجب اختيار الشبكة والعدسة للحصول على عرض طيف أكبر؟



5 حيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة

شبكة	réseau	بالانتقال	par transmission	خطوة	pas	عدسة	lentille
طيف	spectre	مجمع	condenseur	بؤري	focal	رتبة	ordre

① شبكة الحيود

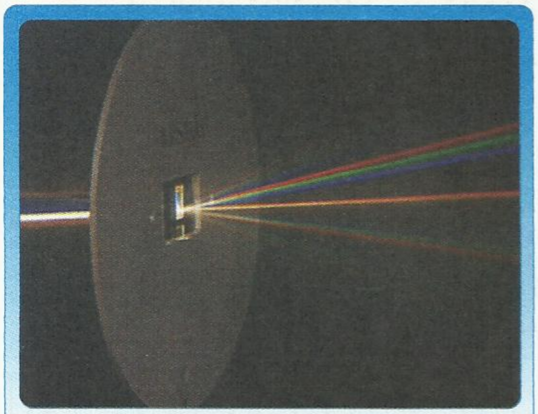
1.1 - تعريف شبكة الحيود

شبكة الحيود مجموعة بصرية تمكن من الحصول على ظاهرة تبدد الضوء الأبيض، وهي عبارة عن صفيحة تحتوي على عدة شقوق دقيقة متوازية ومتساوية المسافة فيما بينها.

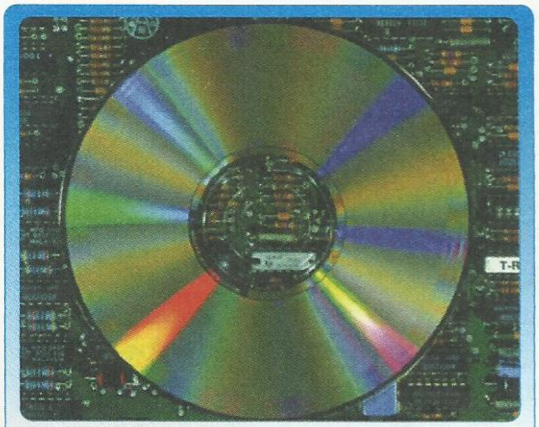
نهتم في هذا الدرس بالشبكة المستوية، وهي أبسط الشبكات، والمتداولة في المخابر. والشبكة نوعان :

- شبكة بالانتقال : وهي صفيحة شفافة بها شقوق تبدد الضوء بعد اجتيازه لها (الشكل 6).
- شبكة بالانعكاس : وهي صفيحة بها خطوط رفيعة ومتوازية وعاكسة تبدد الضوء الذي تستقبله وتعكسه.

مثال : القرص المدمج (الشكل 7).



⑥ شبكة بالانتقال



⑦ القرص المدمج شبكة بالانعكاس

2.1 - مميزات الشبكة

أ - خطوة الشبكة

خطوة الشبكة هي المسافة الفاصلة بين شقين متتاليين، ويرمز لها بالحرف a، ووحدتها هي : (m) .

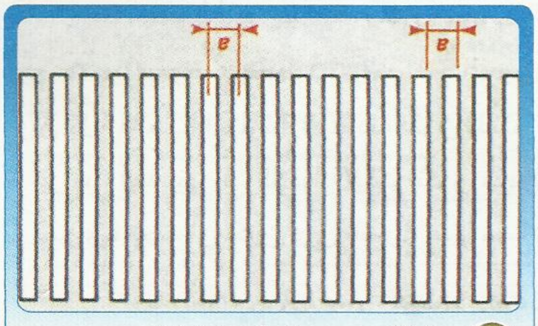
ب - عدد الشقوق في المتر

تتميز الشبكة، عادة، بعدد الشقوق في وحدة الطول، أي عدد **الشقوق في المتر**.

ويرمز له بالحرف n حيث : $\boxed{n = \frac{1}{a}}$.

وحدته هي : (m^{-1}).

عموما، يفوق العدد n 500 شق في الميلمتر.

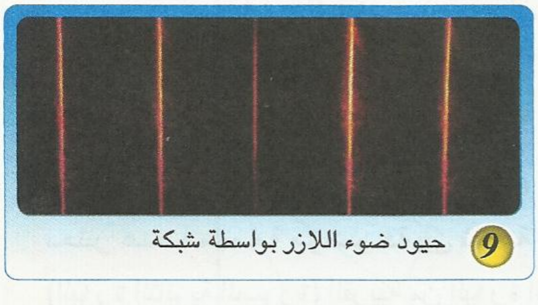


⑧ شبكة حيود مستوية خطوتها a

② حيود الضوء الأحادي اللون بواسطة شبكة

1.2 - وصف الظاهرة

يلاحظ في النشاط (ص55) أنه بعد اجتياز الضوء الأحادي اللون لشبكة بالانتقال، تتكون على الشاشة سلسلة بقع أحادية اللون متوازية، ومتساوية المسافة فيما بينها، ومتماثلة بالنسبة للبقعة المركزية (الشكل 9).



⑨ حيود ضوء اللازر بواسطة شبكة

شفاف	transparent
قرص مدمج	disque compact
بالانعكاس	par reflexion
تماثل	symétrie

تسمى هذه الظاهرة الملاحظة : ظاهرة **الحيود**، وهي تثبت الطبيعة الموجية للضوء. وتتصرف شقوق الشبكة ، كمنابع ضوئية ثانوية، تبعث موجات ضوئية في جميع اتجاهات المستوى (الشكل 10).

وقد اصطلح على إعطاء البقعة المركزية الرتبة $k = 0$ ، وترقم رتب البقع الأخرى انطلاقا من رتبة البقعة المركزية .

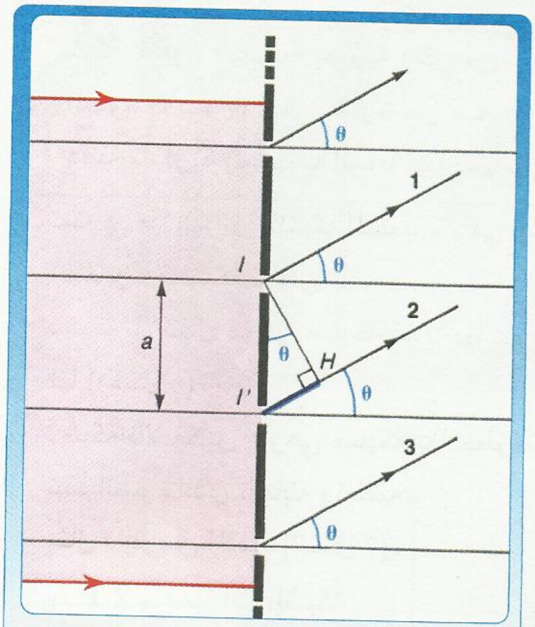
يتعلق عدد البقع بالعدد n للشقوق في المتر للشبكة.

2.2 ـ حالة الورود المنظمي

عندما ترد حزمة ضوئية عموديا على مستوى الشبكة، نقول إن الورود منظمي.

أ ـ فرق السير

إن الموجات الضوئية الأحادية اللون المنبعثة من المنابع الثانوية I و 'I و "I . . .حسب الاتجاهات 1 و2 و3 . . .لها نفس فرق السير، نظرا لأن هذه الاتجاهات تكوِّن نفس الزاوية θ مع المنظمي على الشبكة (الشكل 10).



10 شبكة في حالة ورود منظمي

نُعرِّف فرق السير للموجتين 1 و2 بالعلاقة : $\delta = d_2 - d_1 = \mathrm{I'H}$.

في المثلث $\mathrm{II'H}$: $\mathrm{I\hat{I}'H} = \theta$ (زاويتان متعامدتا الضلعين)،

أي : $\sin\theta = \dfrac{\mathrm{I'H}}{\mathrm{II'}} = \dfrac{\mathrm{I'H}}{\mathrm{a}}$ (a خطوة الشبكة). أي : $\boxed{\delta = a.\sin\theta}$.

ب ـ موضع النقط ذات الإضاءة القصوى

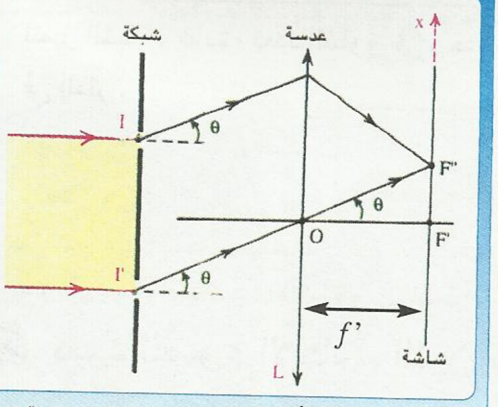
إن كل الموجات الضوئية الأحادية اللون المنتشرة وفق الاتجاهات θ ، تتراكب فيما بينها (في اللانهاية). لكي تُكوِّن هذه الموجات بقعة ذات إضاءة قصوى، يجب أن يكون فرق السيرδ عددا مضاعفا لطول الموجة λ .

$$\boxed{\delta = k.\lambda \quad \text{حيث :} \quad k \in \mathbb{Z}}$$

ويُصبح التعبير الحرفي لفرق السير δ كالتالي :

$\delta = a\sin\theta = k\lambda$، وبما أن : $a = \dfrac{1}{n}$ ،

فإن : $\boxed{\sin\theta = \mathrm{k}.\lambda.\mathrm{n} \quad ; \quad \mathrm{k} \in \mathbb{Z}}$.



11 تتجمع الأشعة بعد اجتيازها العدسة في البؤرة الثانوية الصورة 'F للعدسة

تحدد هذه العلاقة زوايا انحراف الاتجاهات θ الموافقة للإضاءات القصوى (الشكل 11).

نعتبر عدسة مجمعة موضوعة بين شبكة وشاشة في المستوى البؤري للعدسة . ونهتم بالنقط ذات الإضاءة القصوى (البؤرة الثانوية الصورة) القريبة من البؤرة الرئيسية الصورة 'F للعدسة، حيث زاوية الانحراف θ تكون صغيرة جدا.

فرق السير	différence de marche
رتبة	ordre
ثانوي	secondaire
أشعة	rayons

- في المثلث OF'F'' : $\tan\theta = \frac{F'F''}{OF'}$

f' : المسافة البؤرية الصورة للعدسة.

بالنسبة لبقعة ضوئية رتبتها k ، لدينا : $\tan\theta = \frac{x_k}{f'}$ ، ونعلم أن: $\sin\theta = k.\lambda.n$ ، و بما أن θ صغيرة جدا فإن : $\tan\theta \simeq \sin\theta$

ومنه : $\frac{x_k}{f'} = k.\lambda.n$ أي : $\boxed{x_k = kf'.\lambda.n}$.

تحدد هذه العلاقة مواضع البقع ذات الإضاءة القصوى بدلالة الرتبة k.

ملحوظة :

إن البقع ذات الإضاءة القصوى متساوية المسافة فيما بينها ، والمسافة بين بقعتين ضوئيتين متتاليتين هي: $\boxed{i = x_{k+1} - x_k = f'.\lambda.n}$

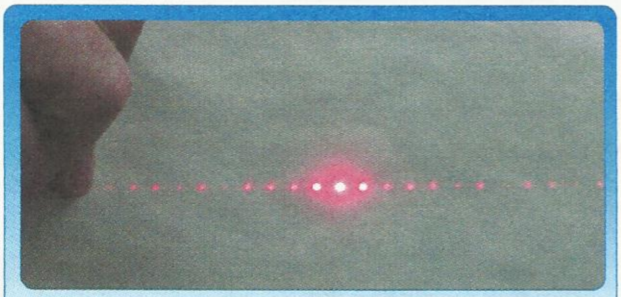
ج ـ عدد البقع ذات الإضاءة القصوى

لتحديد عدد البقع ذات الإضاءة القصوى نعتمد العلاقة :

مع : $\sin\theta = k.\lambda.n$ ، $k \in \mathbb{Z}$.

وبما أن : $-1 \leq \sin\theta \leq 1$ فإن : $-\frac{1}{n\lambda} \leq k \leq \frac{1}{n.\lambda}$.

يوافق عدد البقع ذات الإضاءة القصوى عدد الأعداد النسبية المحصورة بين : $-\frac{1}{n\lambda}$ و $\frac{1}{n.\lambda}$.



⑫ يتعلق عدد البقع ذات الاضاءة القصوى بطول الموجة λ وبعدد الشقوق في المتر n

تمرين تطبيقي

يرد ضوء أحادي اللون طول موجته $\lambda = 589\ nm$ منظميا على شبكة بالانتقال تحتوي على 500 شق في الميليمتر.

1 ـ أُوجد عدد البقع ذات الإضاءة القصوى.

2 ـ ما قيم زوايا الانحراف θ الموافقة لها ؟

حـل

1 ـ يحدد عدد البقع ذات الإضاءة القصوى بالمتراجحة :

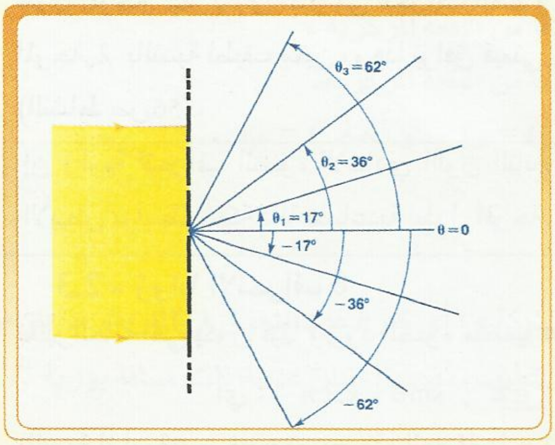
$-\frac{1}{n\lambda} \leq k \leq \frac{1}{n.\lambda}$ ، حيث $n = 5.10^{5} m^{-1}$

و $\lambda = 589.10^{-9}\ m$

إذن : $-3{,}39 \leq k \leq 3{,}39$ وتأخذ k القيم : {-3,-2,-1,0,1,2, 3}

تشاهد 7 بقع ذات إضاءة قصوى.

2 ـ الاتجاهات θ_k الموافقة لهذه البقع تحقق العلاقة : $\sin\theta_k = k.\lambda.n$



أي :

$k = 0 \longrightarrow \sin\theta = 0\ ,\ \theta = 0$ ؛

$k = 1 \longrightarrow \sin\theta_1 = 0{,}2945 \Rightarrow \theta_1 = 17°$ ؛

$k = 2 \longrightarrow \sin\theta_2 = 0{,}5890 \Rightarrow \theta_2 = 36°$ ؛

$k = 3 \longrightarrow \sin\theta_3 = 0{,}8835 \Rightarrow \theta_3 = 62°$.

3.2 ـ حالة ورود غير منظمي

عندما ترد أشعة ضوئية أحادية اللون مائلة بزاوية θ_0 على الشبكة، نقول إن الورود غير منظمي (الشكل 13).

فرق السير δ بين الموجتين الضوئيتين1و 2 المنتشرتين، وفق الاتجاهات التي تكون الزاوية θ مع المنظمي على الشبكة هو : $\delta = d_2 - d_1 = \mathrm{I'H} - \mathrm{IH'}$

$\theta = \mathrm{I'IH}$ و $\theta_0 = \mathrm{II'H}$ (زوايا متعامدة الأضلاع).

باعتبار المثلثين I'HI وIH'I' نكتب :

$$\sin\theta_0 = \frac{\mathrm{H'I}}{\mathrm{II'}} = \frac{\mathrm{H'I}}{a} \quad \text{و} \quad \sin\theta = \frac{\mathrm{I'H}}{\mathrm{II'}} = \frac{\mathrm{I'H}}{a} .$$

ومنه : $\delta = a\sin\theta - a\sin\theta_0$.

أي: $\boxed{\delta = a(\sin\theta - \sin\theta_0)}$.

لكي تتراكب الموجات الضوئية المنتشرة وفق الاتجاهاتθ، مؤدية إلى تكون بقع ضوئية ذات إضاءة قصوى، يجب أن تتحقق العلاقة :

$\delta = \mathrm{k}.\lambda$ مع $\mathrm{k} \in \mathbb{Z}$.

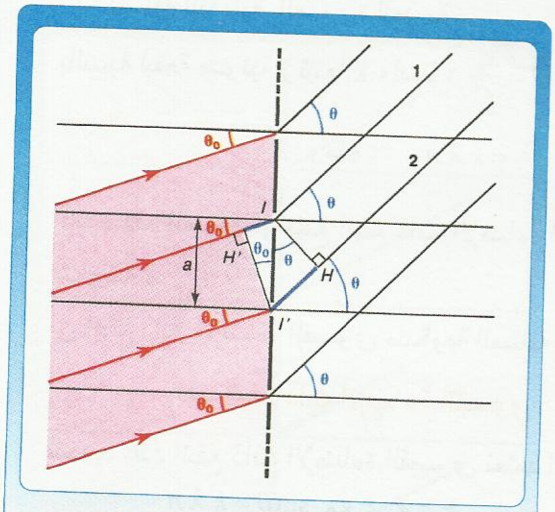
وبالتالي : $\delta = a(\sin\theta - \sin\theta_0) = \mathrm{k}.\lambda$ ؛

أي : $\sin\theta = \sin\theta_0 + k\lambda n$.

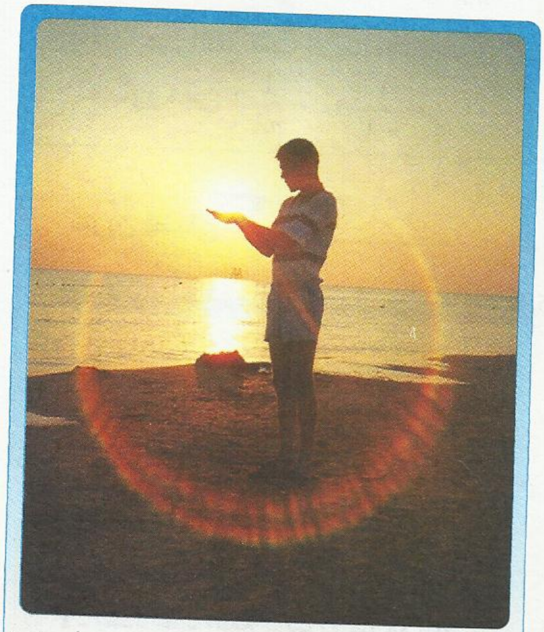
ومنه : $\boxed{\sin\theta = \sin\theta_0 + k\lambda n}$ مع $\mathrm{k} \in \mathbb{Z}$.

ويمكن اعتماد هذه العلاقة لتحديد :

- مواضع البقع ذات الإضاءة القصوى.
- عدد البقع ذات الإضاءة القصوى.



13 ورود غير منظمي على الشبكة



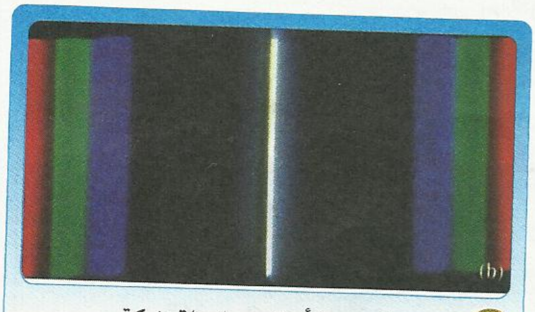
14 ظاهرة حيود ضوء الشمس بواسطة حاجز (يد)

3 حيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة

1.3 ـ وصف الظاهرة

بعد اجتياز الضوء الأبيض للشبكة، نلاحظ على الشاشة ظاهرة تبدد الضوء الأبيض ؛ حيث نشاهد سلسلة من أطياف الضوء الأبيض، ما عدا البقعة المركزية التي تكون بيضاء. كما أن انحراف الضوء الأحمر ذي طول الموجة λ_R يكون أكبر من انحراف الضوء البنفسجي ذي طول الموجة λ_V بالنسبة لطيف معين، وهذا يوافق قيمتي λ_R و λ_V $(\lambda_R > \lambda_V)$. (النشاط ص56).

إن زاوية انحراف الضوء الأحادي اللون الناتج عن حيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة دالة تصاعدية لطول الموجة λ للموجةالضوئية.



15 حيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة

2.3 ـ زوايا الانحراف θ

نعتبر الحالة التي يكون فيها ورود الضوء منظميا على الشبكة :

أي : $\sin\theta = k.\lambda.n$ ؛ $\mathrm{k} \in \mathbb{Z}$.

بالنسبة لزاويةθ صغيرة تصبح هذه العلاقة : $\boxed{\theta\,(\mathrm{rad}) = k.\frac{\lambda}{a} = k.\lambda.n}$

يتكون الضوء الأبيض من عدة أشعة أحادية اللون أطوال موجاتها λ تنتمي إلى المجال المرئي $400\,nm \le \lambda \le 800\,nm$.

وتبين العلاقة $\sin\theta = k.\lambda.n$ ، أن زاوية الانحراف θ تتعلق بطول الموجة λ أي بلون الإشعاع الأحادي اللون.

ـ بالنسبة لـ $k = 0$: $\sin\theta = 0 \Rightarrow \theta = 0$ ، مهما كانت قيمة λ .

في الاتجاه $\theta = 0$، تتراكب جميع الأشعة الضوئية الأحادية اللون لتعطي بقعة مركزية بيضاء.

ـ بالنسبة لـ $k = 1$:

الاتجاهات θ للأشعة ذات اللون الأحمر، والأصفر، والبنفسجي على التوالي هي :

$$\sin\theta_{1R} = \lambda_R.n \quad (\lambda_R = 0,8\mu m) \Rightarrow \theta_{1R}$$
$$\sin\theta_{1J} = \lambda_J.n \quad (\lambda_J = 0,6\mu m) \Rightarrow \theta_{1J}$$
$$\sin\theta_{1V} = \lambda_V.n \quad (\lambda_V = 0,4\mu m) \Rightarrow \theta_{1V}$$

وهذا يبين أن : $\theta_R > \theta_J > \theta_V$.

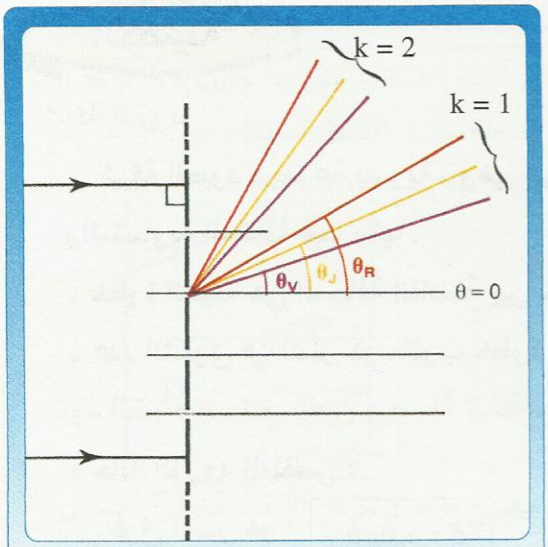
تحلل الشبكة الضوء الأبيض، وتعطي طيفا يسمى الطيف ذا الرتبة $k = 1$.

ـ بالنسبة لـ $k = 2$:

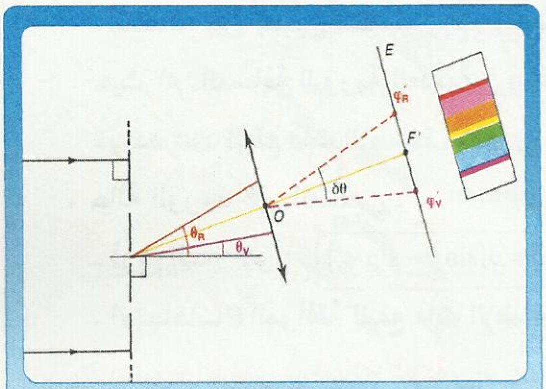
الاتجاهات θ للأشعة ذات اللون الأحمر، والأصفر، والبنفسجي على التوالي هي :

$$\sin\theta_{2R} = 2\lambda_R.n \Rightarrow \theta_{2R}$$
$$\sin\theta_{2J} = 2\lambda_J.n \Rightarrow \theta_{2J}$$
$$\sin\theta_{2V} = 2\lambda_V.n \Rightarrow \theta_{2V} < \theta_{2J} < \theta_{2R}$$

في هذه الحالة يسمى الطيف المحصّل، الطيف ذا الرتبة $k = 2$.



16 أطياف الضوء الأبيض ذات الرتب $k = 1$ و $k = 2$



17 طيف ذو الرتبة $k = 1$ محصّل على شاشة تمت إدارتها بزاوية 90° . ويلاحظ أن المحور البصري الرئيسي للعدسة ينطبق مع اتجاه الضوء الأصفر للطيف ذي الرتبة $k = 1$.

تحلل الشبكة الضوء الأبيض لتعطي عدة أطياف

3.3 ـ عرض الطيف

يعبر عن عرض الطيف ذي الرتبة $k = 1$ المحصّل بواسطة شبكة بالعلاقة :

$$\Delta x = x_{1R} - x_{1V}$$

حيث : x_{1R} أفصول البقعة الحمراء من الطيف ذي الرتبة $k = 1$ ، انطلاقا من البقعة المركزية ،

و x_{1V} أفصول البقعة البنفسجية من الطيف ذي الرتبة $k = 1$، انطلاقا من البقعة المركزية.

وباعتماد الشكل 11 (ص 58) المستعمل في الفقرة 2.2 حيث : $x_{1R} = f'.\lambda_R.n$ و $x_{1V} = f'.\lambda.n$ ،

نجد : $\boxed{\Delta x = x_{1R} - x_{1V} = f'.n(\lambda_R - \lambda_V)}$.

مثال : (النشاط المناولة 2 ص56).

ـ نلاحظ أن عرض الطيف ذي الرتبة $k = 1$ يزداد كلما صغرت خطوة الشبكة a ؛ أي كبر n عدد الشقوق في المتر. وهذا يتوافق مع العلاقة الأخيرة. وتبين هذه العلاقة أنه للحصول على عرض كبير للطيف، يجب اختيار عدسة ذات مسافة بؤرية f' كبيرة، وشبكة عدد شقوقها في المتر كبير أيضا.

الحصيلة

شبكة الحيود

- شبكة الحيود مجموعة بصرية ، وهي عبارة عن صفيحة تحتوي على عدد كبير من الشقوق الدقيقة ، والمتوازية ، والمتساوية المسافة فيما بينها .
- خطوة الشبكة هي المسافة الفاصلة بين شقين متتاليين ، رمزها هو a .
- عدد الشقوق في المتر هو مقلوب خطوة الشبكة و يرمز له بالحرف n $\boxed{n=\frac{1}{a}}$.

حيود الضوء الأحادي اللون بواسطة شبكة

- حالة الورود المنظمي :

ـ فرق السير هو : $\boxed{\delta = a.\sin\theta}$.

ـ الاتجاهات θ الموافقة للبقع ذات الإضاءة القصوى تحقق العلاقة : $\boxed{\sin\theta = k.\lambda.n}$ مع $k \in \mathbb{Z}$ ؛

حيث λ طول موجة الضوء الأحادي اللون.

ـ المسافة بين بقعتين متتاليتين إضاءتهما قصوى هي : $\boxed{i = f'.\lambda.n}$ ؛

حيث f': المسافة البؤرية للعدسة و n عدد الشقوق في المتر.

ـ يحدد عدد البقع ذات الإضاءة القصوى باعتماد المتراجحة : $\boxed{-\frac{1}{n\lambda} \le k \le \frac{1}{n.\lambda}}$ ، بحيث $k \in \mathbb{Z}$.

- حالة الورود غير المنظمي :

ـ فرق السير هو : $\boxed{\delta = a(\sin\theta - \sin\theta_0)}$.

ـ الاتجاهات θ الموافقة للبقع ذات الإضاءة القصوى تحقق العلاقة : $\boxed{\sin\theta = \sin\theta_0 + k.\lambda.n}$ ، بحيث $k \in \mathbb{Z}$.

حيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة

- حالة الورود المنظمي : $\sin\theta = k.\lambda.n$.

ـ يتعلق الانحراف θ بطول الموجة λ، أي بلون الإشعاع الأحادي اللون.

ـ تحلل الشبكة الضوء الأبيض لتعطي عدة أطياف.

ـ عرض الطيف ذي الرتبة $k = 1$ هو Δx بحيث :

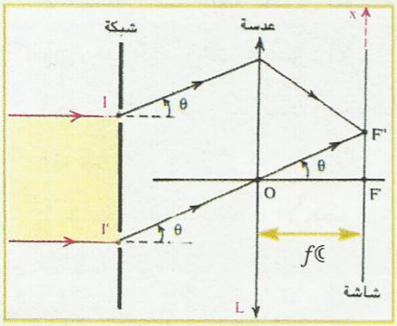
$$\boxed{\Delta x = x_{1R} - x_{1V} = f'.n(\lambda_R - \lambda_V)}$$

حيث : x_{1R} هي المسافة بين البقعة الحمراء من الطيف $k = 1$ و البقعة المركزية.

x_{1V} هي المسافة بين البقعة البنفسجية من الطيف $k = 2$ و البقعة المركزية.

تمرين محلـول

نرسل حزمة ضوئية أحادية اللون ، طول موجتها $\lambda = 540nm$، عموديا على شبكة بالانتقال خطوتها $a = 4\mu m$ توجد أمام عدسة مجمعة L مسافتها البؤرية $f' = 25cm$. نضع في المستوى البؤري للعدسة شاشة (الشكل أسفله).



1 ـ تمثل θ_K زاوية انحراف الأشعة التي تؤدي إلى تكون البقعة الضوئية ذات الرتبة K.

1.1 ـ أوجد تعبير θ_K بدلالة a و λ و K حيث : $K \in \mathbb{Z}$.

2.1 ـ احسب قيمة الزاوية θ_1 الموافقة للبقعة الضوئية ذات الرتبة $K = 1$.

3.1 ـ هل يمكن الحصول على بقعة ضوئية رتبتها $K = 8$ ؟ علل إجابتك.

2 ـ لتكن x_1 المسافة الفاصلة بين مركزي البقعة المركزية F_1' والبقعة ذات الرتبة $K = 1$.
أثبت العلاقة $x_1 = f'.\dfrac{\lambda}{a}$. احسب x_1 .

3 ـ نميل الحزمة الضوئية الواردة بزاوية θ_0 بالنسبة للمنظمي على الشبكة ، فيصبح موضع مركز البقعة الضوئية ذات الرتبة $K = 4$ هو F_1'. استنتج قيمة زاوية الورود θ_0.

إرشادات

1.1. استحضار تعريف فرق السير وايجاد التعبير اعتمادا على الشكل (انظر الدرس ص 58).

1. 2. الانتباه إلى الوحدات.

1. 3. يمكن الحصول على بقعة ضوئية رتبتها K إذا كان : $\sin\theta_K < 1$.

2 ـ استعمال التقريب $\sin\theta_K \approx \tan\theta_K \approx \theta_K$ عندما تكون θ_K صغيرة ، حيث : θ_K بالرديان.

3. التوصل إلى تعبير فرق السير (انظر الدرس ص 60).

حـل

1.1. تعبير θ_K بدلالة a و λ و K :

لدينا فرق السير بين شعاعين : $\delta = a\sin\theta_K$.

يؤدي هاذان الشعاعان إلى بقعة ضوئية إذا كان: $\delta = K\lambda$ ،

وبالتالي : $a\sin\theta_K = K\lambda$ ، أي : $\sin\theta_K = K\dfrac{\lambda}{a}$.

1. 2. حساب قيمة θ_1 : بالنسبة لـ $K = 1$ فإن: $\sin\theta_1 = \dfrac{\lambda}{a}$ ؛

أي : $\sin\theta_1 = 0{,}135$ و $\theta_1 = 7{,}76^\circ$.

1. 3. في حالة $K = 8$ فإن $\sin\theta_8 = 8.\dfrac{\lambda}{a} = 1{,}08 > 1$ ، وهذا غير ممكن. لانحصل على بقعة ضوئية من الرتبة $K = 8$.

2 ـ اثبات العلاقة $x_1 = f'.\dfrac{\lambda}{a}$:

حسب الشكل أعلاه : $\tan\theta_1 = \dfrac{x_1}{f'}$ ؛

وبما أنه يمكن اعتبار $\sin\theta_1 \approx \tan\theta_1$ (لأن θ_1 صغيرة)،

فإن : $\dfrac{x_1}{f'} = \dfrac{\lambda}{a}$ ، أي : $x_1 = f'.\dfrac{\lambda}{a}$.

3 ـ قيمة زاوية الورود θ_0 :

تعبير فرق السير هو : $\delta = a\sin\theta_K - a\sin\theta_0$.

موضع البقع المضيئة يحدد بالزاوية θ_K بحيث :

$K.\lambda = a\sin\theta_K - a\sin\theta_0$.

موضع البقعة ذات الرتبة $K = 4$ هو F_1' ، أي : عندما تكون $\theta_K = \theta_4 = 0$

ومنه $4\lambda = -a\sin\theta_0$ ، أي : $\sin\theta_0 = \dfrac{-4\lambda}{a}$. ت . ع : $\theta_0 = -32{,}7^\circ$

تمارين لاختبار المعارف

1 أجب بصحيح أو خطأ :

1 ـ تنقص إضاءة بقع الحيود مع تزايد رتبها.

2 ـ يتعلق عدد البقع بطول الموجة وبعدد الشقوق في المتر.

3 ـ زاوية انحراف الضوء الأحادي اللون الناتج عن حيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة، دالة تناقصية لطول الموجة λ .

4 ـ عند حيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة يكون الضوء الأحمر أقل انحرافا والضوء البنفسجي أكثر انحرافا.

2 إختر الجواب الصحيح :

1 ـ في حالة الورود المنظمي لحزمة ضوئية على شبكة خطوتها a فإن تعبير فرق السير δ بين موجتين تنتشران وفق الاتجاهات θ هو :

أ ـ $\delta = n\sin\theta$ ، ب ـ $\delta = a\sin\theta$ ، ج ـ $\delta = \dfrac{\sin\theta}{a}$

2 ـ مواضع البقع الضوئية ذات الإضاءة القصوى وفق الاتجاهات ذات زوايا الانحراف θ_k تحدد بالعلاقة :

أ ـ $\sin\theta_k = k\lambda a$ ب ـ $\sin\theta_k = k\lambda n$

ج ـ $\tan\theta_k = k\lambda n$

3 ـ تعبير فرق السير في حالة الورود المائل بزاوية θ_0 هو :

أ ـ $\delta = a(\sin\theta_0 - \sin\theta)$ ب ـ $\delta = a(\sin\theta - \sin\theta)$

ج ـ $\delta = \lambda(\sin\theta - \sin\theta_0)$

تمارين تطبيقية

3 نضيء شبكة تحتوي على 500 شق في الميلمتر (mm) بواسطة ضوء أحادي اللون طول موجته $\lambda = 0,70\mu m$.

1 ـ أوجد عدد النقط ذات الإضاءة القصوى.

2 ـ احسب قيم زوايا الانحراف θ التي تحدد مواضع النقط ذات الإضاءة القصوى.

أجوبة : 1 ـ 5 نقط.

2 ـ $\theta_0 = 0$ و $\theta_1 = 20,5°$ و $\theta_2 = 44,5°$

$\theta_1' = -20,5°$ و $\theta_2' = -44,4°$

4 نضيء شبكة بواسطة حزمة ضوئية أسطوانية أحادية اللون طول موجتها $\lambda = 528\ nm$ ، وفق زاوية الورود $\theta_0 = 0$ ، فنلاحظ أن زاوية انحراف الاتجاه الموافق للإضاءة القصوى التي تعطي حزمة رتبتها $k = 2$ هي $\theta_2 = 25°$.

1 ـ أُحسب خطوة الشبكة وعدد الشقوق في المتر.

2 ـ أوجد قيم زوايا انحراف الاتجاهات الموافقة لانتشار الموجات الضوئية الأحادية اللون في الحالتين : $k = 1$ و $k = 3$.

أجوبة : 1 ـ $a = 2,5\mu m$ و $n = 4.10^5$.

2 ـ $\theta_1 = 12°11'$ و $\theta_3 = 39°18'$.

تمارين توليفية

5 ترد حزمة ضوئية منبعثة من حبابة بخار الزئبق عموديا على شبكة تضم 400 شق في الميلمتر.

1 ـ يُكوِّن اتجاه انتشار الضوء الأصفر اللون الذي ينتمي إلى الطيف ذي الرتبة 1 زاوية الانحراف $\theta_{1J} = 13°22'$ مع المنظمي على الشبكة. احسب طول الموجة λ_J للضوء الأصفر.

2 ـ أوجد قيم زوايا الانحراف θ الأخرى التي توافق اتجاهات الضوء الأصفر بالنسبة لباقي الأطياف.

3 ـ أوجد قيم زوايا الانحراف θ التي توافق اتجاهات الإضاءات القصوى بالنسبة للضوء الأزرق ذي طول الموجة $\lambda_B = 0,436\mu m$.

أجوبة : 1 ـ $\lambda_J = 0,578\mu m$.

2 ـ $\pm 27°32'$ و $\pm 43°54'$ و $67°38'$ **3** ـ $\pm 10°2'$ و $\pm 20°24'$ $\pm 31°33'$ و $44°12'$ و $60°42'$.

6 نضيء شبكة خطوتها $a = 10^{-3}mm$ بواسطة حزمة ضوئية طبيعية. نضع وراء الشبكة عدسة رقيقة مجمعة لا لونية مسافتها البؤرية الصورة $f' = 1,20m$ ، ومحورها البصري مطابق مع اتجاه الضوء الأصفر. توجد شاشة في المستوى البؤري الصورة للعدسة. نعطي : طول موجة الضوء الأحمر $\lambda_R = 750nm$ ، وطول موجة الضوء البنفسجي $\lambda_V = 390nm$.

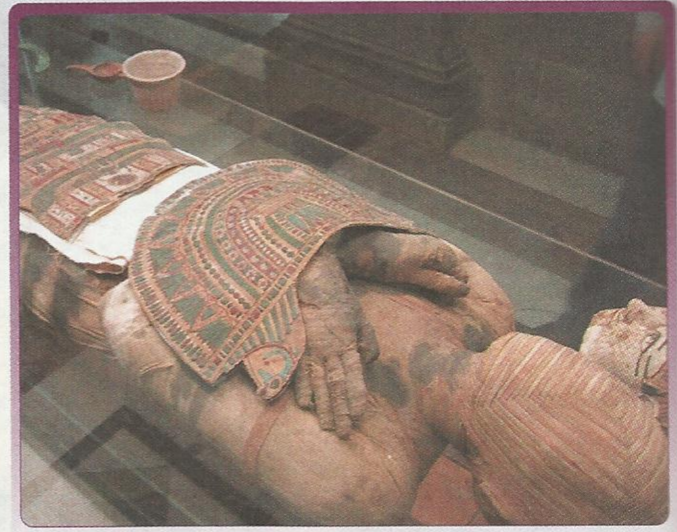
1 ـ أُحسب عرض الطيف ذي الرتبة $k = 1$.

2 ـ أوجد مواضع النقط ذات الإضاءة القصوى للضوئين الأحمر والبنفسجي في الحالتين $k = 1$ و $k = 2$.

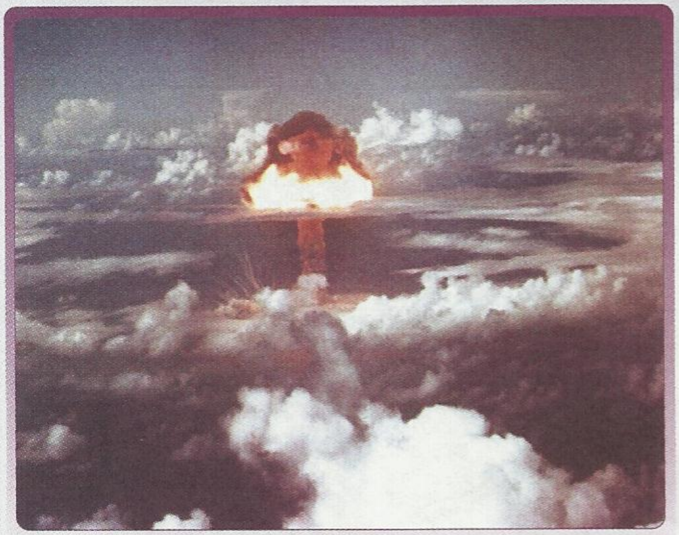
3 ـ قارن بين المسافتين x_{1R} و x_{2V} . استنتج.

الجزء الثاني : التحولات النووية

Les transformations nucléaires



يتم تأريخ المومياءات بواسطة الكربون 14 الإشعاعي النشاط



تنتج طاقة القنبلة الذرية عن تفاعل نووي

امتدادات مرتقبة وتقاطعات مع مواد دراسية أخرى

الفيزياء والكيمياء : المظاهر الطاقية في الميكانيك - بنية الذرة.

علوم الحياة والأرض : استهلاك المادة العضوية وتدفق الطاقة - المواد المشعة والطاقة النووية .

الرياضيات : الدوال اللوغاريتمية والأسية - الاشتقاق .

الفلسفة : النظرية والتجربة.

تصميم الجزء الثاني

الوحدة 4 : التناقص الإشعاعي .

الوحدة 6 : النوى - الكتلة والطاقة .

المكتسبات القبلية

- بنية الذرة؛
- بنية نواة ذرة ورمزها؛
- مميزات النويات (مكونات النواة)؛
- مفهوم النظائرية.

5 التناقص الإشعاعي

Décroissance radioactive

يستعمل النشاط الإشعاعي لتأريخ بعض الأحجار أو المستحثات النباتية والحيوانية، كما يستعمل لتأريخ بعض المومياءات الفرعونية . فكيف يتم هذا التأريخ ؟ وما الوسائل والأدوات المستعملة ؟

الأهداف

- تعرُّف مدلول الرمز $^{A}_{Z}X$ ، وإعطاء تركيب النواة التي يمثلها؛
- تعريف النظائرية وتعرف النظائر؛
- تعرُّف مجالات استقرار وعدم استقرار النوى من خلال مخطط(سيغري Segré)؛
- تعريف الأنشطة الإشعاعية α وβ^- وβ^+ و γ ، وكتابة معادلاتها بتطبيق قوانين الانحفاظ؛
- تعرُّف تعبير قانون التناقص الإشعاعي؛
- تعريف ثابتة الزمن τ وزمن عمر النصف $t_{1/2}$ ؛
- شرح مبدأ التأريخ واختيار العنصر المشع المناسب لتأريخ حدث معين.

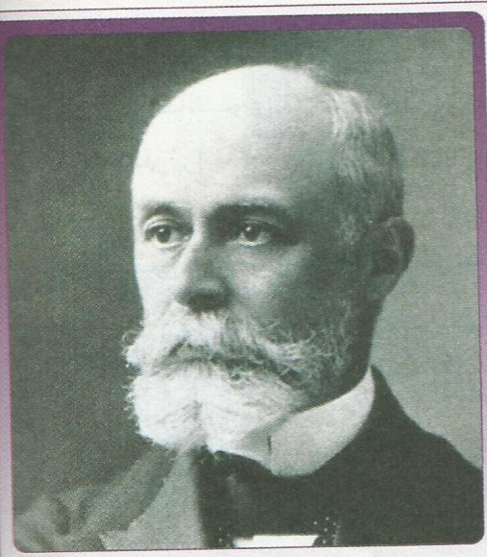
النشاط ① النشاط الإشعاعي نشاط وثائقي

وثيقة 1 : كيف اكتشف بيكريل النشاط الإشعاعي ؟

اهتم الفيزيائي الفرنسي (هنري بيكريل Henrie Becquerel) بدراسة ظاهرة استشعاع أملاح الأورانيوم، وهي ظاهرة تبعث خلالها هذه الأملاح أشعة مرئية، بعد تعريضها لفترة من الزمن لأشعة الشمس.

في 26 فبراير 1896م، كانت سماء باريس غائمة. وتعذر على (بيكريل) تعريض أملاح الأورانيوم لأشعة الشمس، فوضعها في درج مكتبه مع صفائح فوتوغرافية مكسوة بغشاء من ورق سميك أسود ومعتم.

وفي أول مارس من نفس السنة قام (بيكريل) بتحميض الصفائح الفوتوغرافية فلاحظ بانبهار كبير أنها متأثرة، رغم عدم تعريضها لأشعة الشمس. وهكذا اكتشف (بيكريل) أن أملاح الأورانيوم تبعث تلقائيا أشعة غير مرئية تترك آثارا على صفائح فوتوغرافية. وقد أثبت بعد ذلك أن قابلية بعث الأشعة، هي خاصية لعنصر الأورانيوم، وسمى هذه الأشعة "الأشعة الأورانية".



① الفيزيائي هنري بيكريل (1852 م - 1908 م)

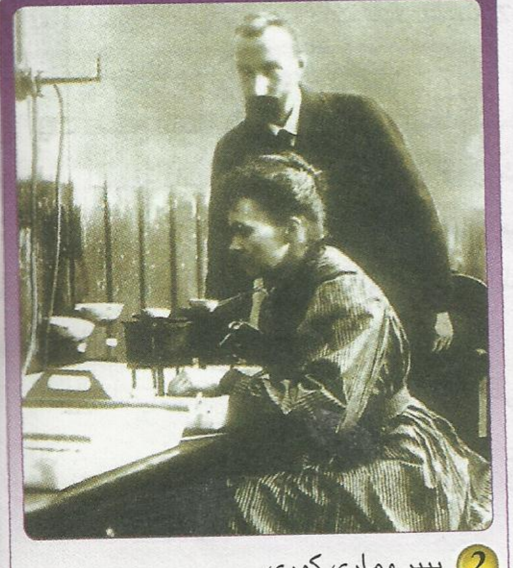
وثيقة 2 : اكتشافات أخرى

ابتداء من سنة 1898م، لاحظ الفيزيائيان (بيير كوري Pierre Curie) وزوجته (ماري كوري Marie Curie) أن عنصر الطوريوم يبعث أيضا الأشعة الأورانية المكتشفة من طرف (بيكريل).

تلت ذلك عدة أبحاث أدت إلى تعرف وتصنيف الأشعة المنبعثة من المواد المشعة، حيث تعرف الفيزيائيان الإنجليزيان (إرنست رذرفورد Rutherford) و(فريدريك سودي Soddy) على الأشعة المنبعثة من الأورانيوم 238، وبيّنا أنها عبارة عن نوى الهيليوم المتأينة، وسميت أشعة ألفا α . ويعبر عن هذا الانبعاث بالمعادلة : ${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$.

في سنة 1900 م تعرف (بيكريل) على نوع آخر من الإشعاعات النووية وهو الإشعاع β^-. وهو عبارة عن انبعاث إلكترونات ${}^{0}_{-1}e$ من نوى الطوريوم Th وَفق المعادلة : ${}^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e$.

بعد ذلك أبرز الفرنسي (بول فيلار Paul Villard) وجود الأشعة γ وهي عبارة عن موجات كهرمغنطيسية غير مرئية. أدت كل هذه الاكتشافات وتطبيقاتها إلى تطور وإغناء المعارف حول طبيعة نواة الذرة.



② بيير وماري كوري

استثمار :

1. ماذا تعني كلمة استشعاع؟
2. كيف اكتشف بيكريل أن أملاح الأورانيوم تبعث أشعة غير مرئية؟
3. هل تم اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي بالصدفة أم كان هناك تنبؤ نظري باكتشافها؟
4. ماهو النشاط الإشعاعي؟ كيف يمكن الكشف عن مادة مشعة؟
5. اذكر إسمي النواتين المشعتين اللتين تم التعرف عليهما إلى حدود سنة 1898 م.
6. اذكر أنواع الإشعاعات النووية الواردة في الوثيقة 2 . وحدد طبيعتها.
7. تحقق من انحفاظ كل من عدد الكتلة A وعدد الشحنة Z في معادلتي التحولين الواردين في الوثيقة 2.

نشاط إشعاعي	radioactivité
استشعاع	fluorescence
انبعاث	émission
إشعاع أوراني	rayon uranique

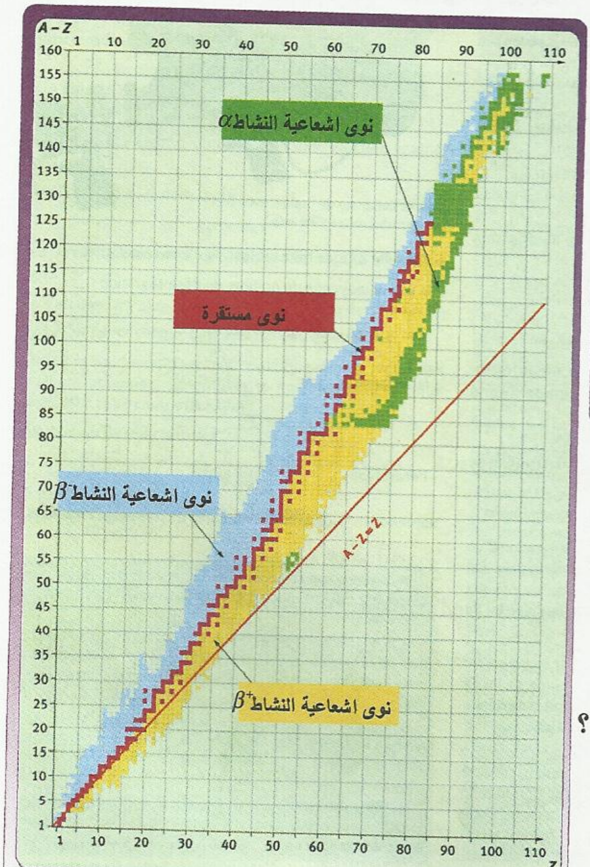
أنشطــة

النشاط ② ماهي النوى غير المستقرة ؟ نشاط وثائقي

تحتفظ بعض النوى بصفة دائمة بنفس التركيب، نقول إن هذه النوى مستقرة. وهناك نوى تتحول تلقائيا إلى نوى أخرى بعد بعثها إشعاعات، نقول إنها نوى غير مستقرة أو إشعاعية النشاط.

يبين مخطط الشكل 3 والذي يسمى مخطط (سيغرى Segré) موقع النوى المستقرة والنوى المشعة، حيث تمثّل كل نواة بمربع صغير أفصوله Z عدد بروتونات النواة، وأرتوبه N عدد نوتروناتها.

تسمى المنطقة ذات اللون الأحمر **منطقة الاستقرار**، وهي تضم النوى المستقرة.



③ مخطط سيغرى و أهم التفتتات

استثمار :

1. ذكر بمدلول الحرف A في التمثيل $^{A}_{Z}X$ ، واعط العلاقة بين A و N و Z.
2. بماذا تتميز النوى المستقرة ذات عدد الشحنة Z أقل من 20 $(Z<20)$؟
   استنتج أن النسبة $\frac{A}{Z}$ تساوي 2 تقريبا .
3. كيف تصبح النسبة $\frac{A}{Z}$ بالنسبة للنوى الثقيلة المستقرة أي بالنسبة لـ $Z>70$ ؟
4. تضم المنطقة ذات اللون الأزرق، النوى الإشعاعية النشاط β^- .
   قارن بين N و Z بالنسبة لنوى هذه المنطقة. ماذا تستنتج؟
5. قارن بين N و Z بالنسبة لنوى المنطقة ذات اللون الأصفر. ماذا تستنتج؟
6. هل النوى الثقيلة ($Z>82$, $A>200$) مستقرة؟
   إذا كان الجواب بلا، ما نوع نشاطها الإشعاعي ؟

النشاط ③ ماهو قانون التناقص الإشعاعي ؟ نشاط محاكاة

العدة التجريبية : 100 نرد ؛ حاسوب وبرنم لمعالجة المعطيات ؛ برنم محاكاة رمي النردات، مثال: برنم Radio De V2 ويمكن تحميله من الموقع التالي: http://www.ac-nancy-metz.fr/physique/logiciels/lancer_des .

④ يمثل كل نرد نواة مشعة

إن تفتت النواة ظاهرة عشوائية غير مرتقبة في الزمن، ذلك أنه لايمكن التنبؤ بحدوث نشاط إشعاعي لنواة في لحظة معينة. غير أنه يمكن معرفة احتمال وقوعه خلال مدة زمنية معينة Δt.

ونفس الشيء يمكن ملاحظته بالنسبة لِنَرْد، فَرَمْيُه ظاهرة عشوائية، إذ لايمكن التنبؤ بعدد الرميات اللازمة للحصول على الوجه " 6 " مثلا، بل يمكن فقط معرفة احتمال ظهور الوجه " 6 "وهو $p=\frac{1}{6}$.

يمكن إذن مماثلة نواة مشعة بنرد، والحصول على منحنى يوافق قانون التناقص الإشعاعي، وذلك بتحديد عدد الرميات التي يظهر فيها الوجه" 6 ".

- توزع المائة نرد على التلاميذ بحيث يأخذ كل واحد 4 أو 5 نردات.

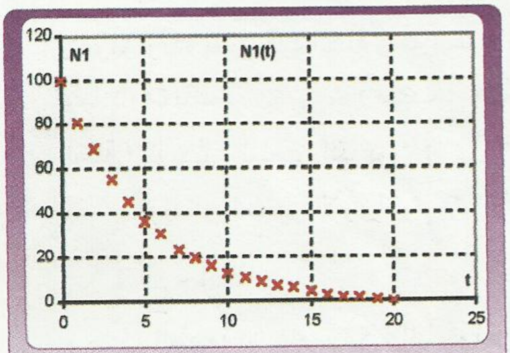
- نرمي $N_0 = 100$ نرد في نفس الوقت، ونحسب عدد النردات S_1 التي يظهر فيها الوجه "6". فهذا العدد يمثل عدد النوى المتفتتة خلال الثانية الأولى. نزيل العدد S_1 للنردات من مجموع المئة نرد.
- نرمي العدد $N_1 = N_0 - S_1$ من النردات المتبقية، ونعد العدد S_2 من النردات التي ظهر فيها الوجه "6". وتمثل هذه النردات النوى المتفتتة خلال الثانية الموالية. نزيل العدد S_2 للنردات من بين العدد N_1 للنردات.
- نعيد نفس العملية حتى لا يتبقى أي نرد.
- ندون النتائج في جدول، يمثل الجدول أسفله نموذجا للنتائج المحصَّلة.

التاريخ	$t_0 = 0s$	$t_1 = 1s$	$t_2 = 2s$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
عدد النردات التي ظهر فيها الوجه "6"		$S_1 = 19$	$S_2 = 12$	14	10	9	5	7	4	4	3	2	2	2	1	1	2	1	0	1	1
عدد النردات المتبقية	$N_0 = 100$	$N_1 = 81$	$N_2 = 69$	55	45	36	31	24	20	16	13	11	9	7	6	5	3	2	2	1	0

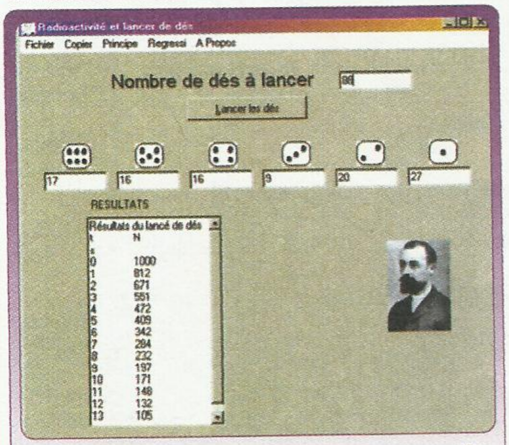
5 محاكاة بعينة تضم 100 نرد

استثمار :

1. هل ظهور الوجه "6" لنرد يأتي بمحض الصدفة؟
2. هل يؤثر ظهور الوجه "6" لنرد، على نتائج النردات الأخرى؟
3. مثل المنحنى $N(t)$ لعدد النردات المتبقية بدلالة الزمن.
4. حدد المدة الزمنية $t_{1/2}$ التي تقلص خلالها عدد النردات المتبقية إلى النصف. نسمي $t_{1/2}$ عمر النصف.
5. أدخل نتائج التجربة في برنم يعالج المعطيات (ريغريسي مثلا)، ثم قارن بين المنحنى $N(t)$ ومنحنى الدالة $N(t) = N_0 . e^{-\frac{t}{\tau}}$.
هل هذه النمذجة مُرضية؟ ما قيمة ووحدة الثابتة τ ؟
6. احسب النسبة $\frac{t_{1/2}}{\tau}$ ، وقارنها مع $Ln2$. ماذا تستنتج؟
7. بواسطة برنم يحاكي رمي النردات وباختيار $N_0 = 1000$ نرد، أنجز سلسلة من الرميات متبعا نفس طريقة المحاكاة الأولى. انقل النتائج إلى برنم ريغريسي.
1.7 - هل تغيرت قيمة $t_{1/2}$ المحصَّلة في السؤال 4 ؟
2.7 - قم بنمذجة النتائج المحصَّلة بالدالة : $N(t) = N_0 . e^{-\frac{t}{\tau}}$.
هل النمذجة، في هذه الحالة، أكثر أم أقل ملاءمة من المحاكاة الأولى؟ علل إجابتك.



6 منحنى $N(t)$ لعدد النردات المتبقية بدلالة الزمن، في المحاكاة الأولى


Radioactivité et lancer de dés
Fichier Copier Principe Regressi A Propos
Nombre de dés à lancer
Lancer les dés
RESULTATS

```
17    16    16    9    20    27

Résultats du lancé de dés
t      N
s
0      1000
1      812
2      671
3      551
4      472
5      409
6      342
7      284
8      232
9      197
10     171
11     148
12     132
13     105
```

7 برنم محاكاة رمي النردات

مستقرة	stable
محاكاة	simulation
مشعة	radioactive
عمر النصف	demi-vie
نمذجة	modélisation
تناقص	décroissance

1 استقرار وعدم استقرار النواة

1.1 - تذكير بتركيب النواة

تتكون نواة ذرة من نوترونات وبروتونات تسمى **نويات**.
يرمز إلى عدد النويات بالحرف A ويسمى **عدد الكتلة**،
وإلى عدد البروتونات بالحرفZ ويسمى **عدد الشحنة**،
أما عدد النوترونات فيرمز إليه بالحرف N حيث: N = A-Z .

تمثل نواة ذرة لعنصر كيميائي X بالرمز: $^{A}_{Z}X$.

مثال :

$^{35}_{17}Cl$ هو رمز نواة الكلور، وتحتوي على 17 بروتوناً و 18=17−35 نوتروناً.

2.1 - النويدات

في الفيزياء الذرية، يطلق إسم النويدة على مجموعة من النوى تتميز بعدد معين من النوترونات و من البروتونات.

إن لنواة نويدة نفس عدد الكتلة ونفس عدد الشحنة، ونعرف نويدة، بكيفية تامة، بإعطاء Z و A ؛ فنكتب : $^{A}_{Z}X$.

أمثلة : نويدتان لعنصر الكربون : $^{12}_{6}C$ ؛ $^{14}_{6}C$.

نويدتان لعنصر الأورانيوم : $^{235}_{92}U$ ؛ $^{238}_{92}U$.

	البروتون	النوترون
الكتلة (Kg)	$1,672622.10^{-27}$	$1,674927.10^{-27}$
الشحنة (C)	$1,60218.10^{-19}$	0

8 كتلة وشحنة النويات

العنصر	النظائر والوفارة الطبيعية		
الأوكسجين	$^{16}_{8}O$	$^{17}_{8}O$	$^{18}_{8}O$
الوفارة الطبيعية %	99,759	0,037	0,204
الأورانيوم	$^{234}_{92}U$	$^{235}_{92}U$	$^{238}_{92}U$
الوفارة %	0,006	0,718	99,276
الكاربون (في الجو)	$^{12}_{6}C$	$^{14}_{6}C$	
الوفارة %	99,9999	0,0001	

9 أمثلة لنظائر ووفارتها في الطبيعة

3.1 - النظائرية

يوجد في الطبيعة 90 عنصرا كيميائيا. ونعرف في الوقت الراهن مايقارب 1500 نويدة مختلفة، 350 منها طبيعية. ويرجع هذا لكون أن نفس العنصر الكيميائي يمكن أن تقابله عدة نويدات تختلف فيما بينها من حيث عدد النوترونات. تسمى هذه النويدات نظائر، وهي تتوفر على نفس عدد الشحنة Z وتختلف من حيث عدد الكتلة A.

النظائر نويدات تحتوي على نفس عدد البروتونات (نفسZ) وتختلف من حيث عدد النوترونات (تختلف من حيث A).

مثال :

$^{12}_{6}C$ و$^{14}_{6}C$ نظيران لعنصر الكربون.

بالنسبة لخليط طبيعي كتلته m يتكون من نظائر عنصر ما، تُعرَّف الوفارة θ_i لنظير i كتلته m_i في هذا الخليط بالعلاقة : $m=\sum m_i\ \theta_i$ ، ويعبر عنها بالنسبة المائوية. يعطي الشكل 9 الوفارة الطبيعية لبعض النظائر.

4.1 - كثافة المادة النووية

تبين التجارب النووية أنه يمكن نمذجة النواة بكرية شعاعها r يتعلق بعدد الكتلة A وفق العلاقة :

$r=r_0.A^{1/3}$ مع $r_0=1,2.10^{-15}m$.

نوية	nucléon
نظير	isotope
نويدة	nucléide
وفارة	abondance

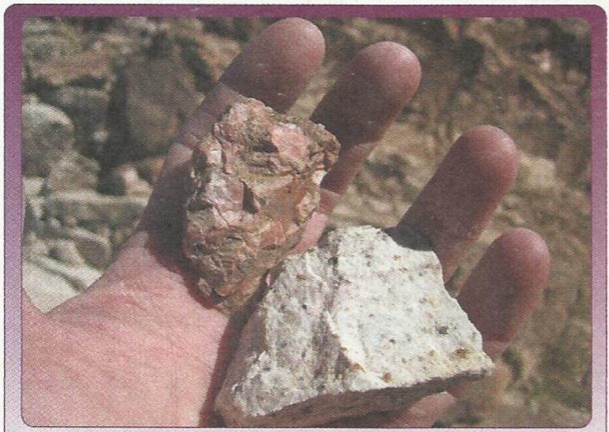
القيمة التقريبية للكتلة الحجمية للنواة هي : $\rho=\dfrac{m.A}{\dfrac{4}{3}\pi r^3}=\dfrac{3.m.A}{4\pi r_0^3 .A}=\dfrac{3.m}{4\pi r_0^3}$.

إذا كانت الكتلة التقريبية لنوية هي: $m\approx 1{,}7.10^{-27}\,Kg$ ، نجد الكتلة الحجمية : $\rho\approx 2.10^{17}\,Kg.m^{-3}$ أي $\rho\approx 2.10^{8}\,tonne/cm^3$ ، وهي قيمة جد مرتفعة: حيث أن مكعب ضلعه $1cm$ من المادة النووية تبلغ كتلته 200 مليون طن.

المادة النووية شديدة الكثافة.

ملحوظة :

تتوفر بعض النجوم على كتلة حجمية مماثلة للكتلة الحجمية النووية، وتسمى هذه النجوم **النجوم النوترونية**. ويعزى توفر هذه النجوم على كتل حجمية هائلة إلى كونها مكونة من نوترونات فقط.



⑩ تحتوي أحجار الغرانيت على كمية ضئيلة من الأورانيوم المشع

5.1 - النشاط الإشعاعي

النشاط الإشعاعي تحول طبيعي تلقائي، وغير مرتقب في الزمن، تتحول خلاله نواة غير مستقرة إلى نواة أخرى أو إلى حالة إثارة أقل طاقة.

وتسمى النواة غير المستقرة " نواة مشعة" أو " نواة إشعاعية النشاط" والدقائق المنبعثة "إشعاعات نشيطة".

6.1 - المخطط (N,Z) : مخطط (سيغري Segré)

يمكن للنوى غير المستقرة، أي الإشعاعية النشاط، أن تتفتت فيتغير عدد كتلتها A (أو) وعدد شحنتها Z.

ويبين المخطط (N,Z) (مخطط سيغري) مواقع النوى المستقرة والنوى المشعة، وتمثل كل نواة بمربع صغير (الشكل 11).

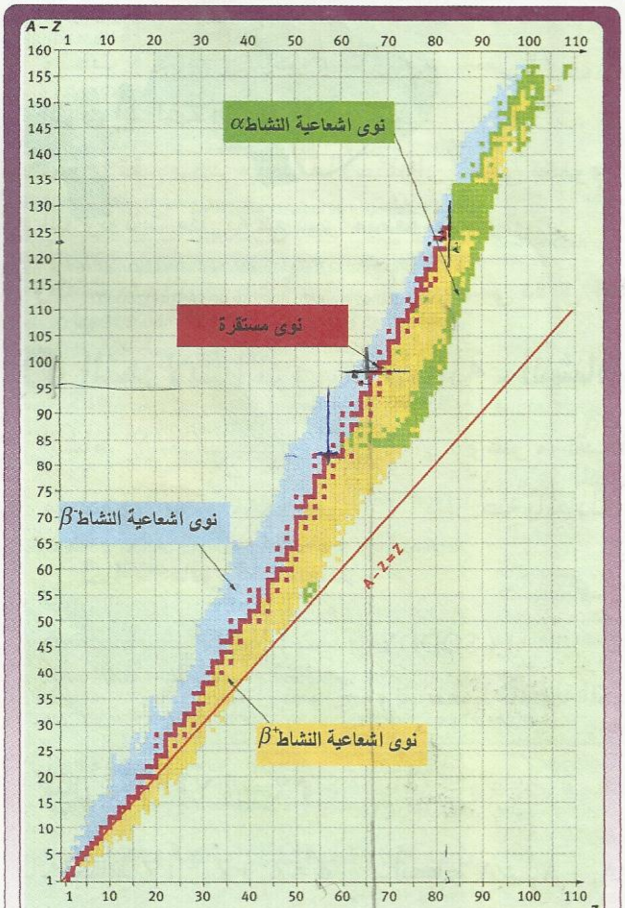
أ - منطقة الإستقرار

يحتوي المخطط (N,Z) على منطقة وسطى (اللون الأحمر) تسمى منطقة الاستقرار، وتضم النوى المستقرة.

بالنسبة لـ Z<20 :

تلتقي منطقة الاستقرار مع المستقيم ذي المعادلة Z = N ؛ مما يدل على أن هذه النوى المستقرة تملك عدد بروتونات مساوٍ لعدد النوترونات، ويُحقق عدد الكتلة A لهذه النوى تقريبا العلاقة: $A\approx 2Z$.

تحتفظ نوى العناصر الخفيفة المستقرة بعدد متساو تقريبا من النوترونات والبروتونات.



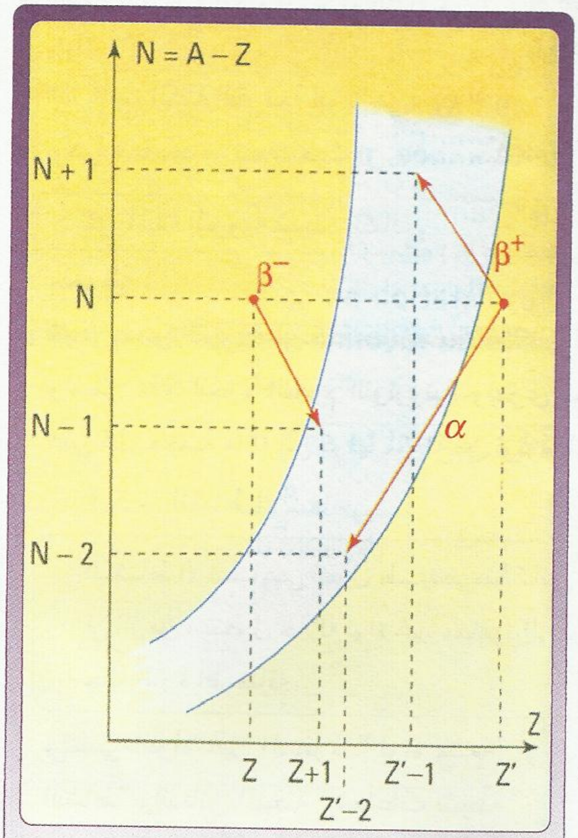
⑪ مخطط سيغري (N,Z)

نشاط إشعاعي	radioactivité	مشع	radioactif	تفتت	désintégration	منطقة	région

بالنسبة لـ $Z>20$:

تكون منطقة الاستقرار فوق المستقيم ذي المعادلة $N = Z$، ويكون عدد النوترونات N أكبر من عدد البروتونات Z، مما يدل على أن استقرار النواة في هذه الحالة لايمكن أن يحصل إلا إذا كان عدد النوترونات أكبر من عدد البروتونات.

أما النسبة $\frac{A}{Z}$ فإنها تكبر لتقارب القيمة 2,5 بالنسبة للنوى الثقيلة.



12 الإشعاعات α وβ^- وβ^+ ترجع النوى الإشعاعية لمنطقة الاستقرار

ب ـ الأنواع الأساسية للأنشطة الإشعاعية

النوى الموجودة خارج منطقة الاستقرار نوى غير مستقرة، وتنقسم حسب موقعها بالنسبة لمنطقة الاستقرار إلى ثلاثة أنواع:

ـ نوى ثقيلة (N و Z كبيران): وهي تحتوي على عدد كبير من النويات، ولكي تقترب من منطقة الاستقرار فإنها تتفتت باعثة نوى الهيليوم ${}_2^4He$. تسمى هذه الأخيرة **دقائقα**. نقول إن هذه النوى الثقيلة **إشعاعية النشاط** α.

ـ نوى تقع فوق منطقة الاستقرار: وهي تحتوي على فائض عدد النوترونات مقارنة مع نوى منطقة الاستقرار.

وتتفتت هذه النوى باعثة **إلكترونات**، تسمى **دقائق** β^-. نقول إن هذه النوى **إشعاعية النشاط** β^-.

ـ نوى تقع تحت منطقة الاستقرار: وهي تحتوي على فائض عدد البروتونات مقارنة مع نوى منطقة الاستقرار.

وتتفتت هذه النوى باعثة **بوزيترونات**، تسمى **دقائق** β^+: نقول إن هذه النوى **إشعاعية النشاط** β^+.

2 التحولات النووية التلقائية ـ النشاط الإشعاعي

النشاط الإشعاعي تحول نووي تلقائي، وغير مرتقب في الزمن، تتحول خلاله نواة غير مستقرة ${}_Z^AX$ (نواة أصلية) إلى نواة متولدة ${}_{Z_1}^{A_1}Y$ بعد بعثها دقيقة ${}_{Z_2}^{A_2}P$، ويعبر عنه بالمعادلة: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z_1}^{A_1}Y + {}_{Z_2}^{A_2}P$.

1.2 ـ قانون الانحفاظ

قانون(سودي SODDY) :

خلال تحول نووي تنحفظ الشحنة الكهربائية Z وكذلك العدد الإجمالي للنويات A.

مثال : ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z_1}^{A_1}Y + {}_{Z_2}^{A_2}P$.

ـ انحفاظ Z : $Z = Z_1 + Z_2$ ـ انحفاظ A : $A = A_1 + A_2$.

في النشاط 1 (ص 66) نتحقق من انحفاظ كل من Z و A من خلال التحولين الواردين في نص الوثيقة 2.

دقيقة	particule	بوزيترون	positron	تلقائي	spontané

2.2 - الأنشطة الإشعاعية α و β و γ

أ - النشاط الإشعاعي α

النشاط الإشعاعي α تفتت نووي طبيعي وتلقائي، تتحول خلاله نواة أصلية ^A_ZX إلى نواة متولدة $^{A-4}_{Z-2}Y$ ببعث نواة الهيليوم ^4_2He .

معادلة هذا التحول النووي هي :

$$\boxed{^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He}\ .$$

مثال :

البولونيوم 210 إشعاعي النشاط α معادلة تفتته هي:

$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^4_2He$ (الشكل 14) .

ب - النشاط الإشعاعي β^-

النشاط الإشعاعي β^- تفتت نووي طبيعي وتلقائي تتحول خلاله نواة أصلية ^A_ZX إلى نواة متولدة $^A_{Z+1}Y$ ببعث إلكترون $^0_{-1}e$ يسمى دقيقة β^-.

معادلة هذا التحول النووي هي : $\boxed{^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e}$.

مثال : الكوبالت 60 إشعاعي النشاط β^- معادلة تفتته هي:

$^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^0_{-1}e$ (الشكل 15) .

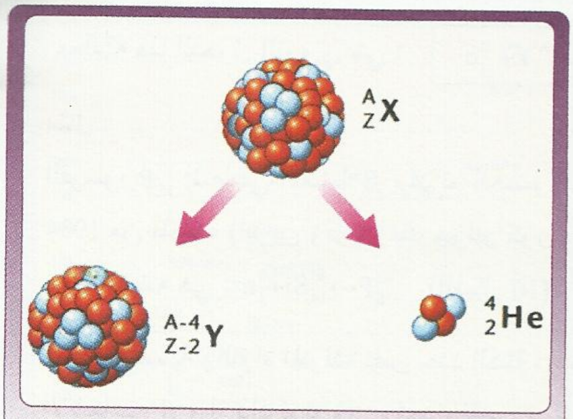
ملحوظات :

- للنواة الأصلية والنواة المتولدة نفس عدد الكتلة، غير أنه خلال النشاط β^-، ازداد بروتون واحد ونقص نوترون واحد. مما يدل على أن الإشعاع β^- داخل النواة ناتج عن تحول نوترون إلى بروتون، ويعبر عن هذا بالمعادلة الظاهراتية التالية : $^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$.
- الكتابة $^0_{-1}e$ خاطئة، وتستعمل في هذا المستوى فقط، بطريقة استعارية لإظهار انحفاظ الشحنة الكهربائية وعدد النويات.

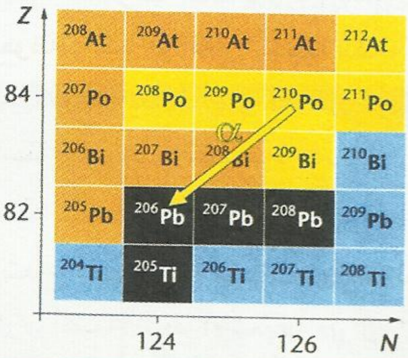
ج - النشاط الإشعاعي β^+

النشاط الإشعاعي β^+ تفتت نووي طبيعي وتلقائي يظهر عموما بالنسبة للعناصر الإشعاعية الإصطناعية، حيث تتحول أثناءه النواة الأصلية ^A_ZX إلى نواة متولدة $^A_{Z-1}Y$ ببعث بوزيترون $^0_{+1}e$ يسمى دقيقة β^+ .

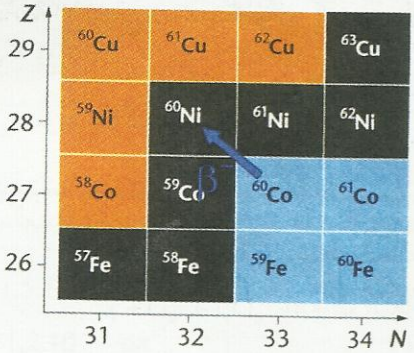
البوزيترون دقيقة لا تختلف عن الإلكترون إلا في إشارتها الكهربائية والتي هي موجبة : $e = +1,6.10^{-19}C$.


^A_ZX
$^{A-4}_{Z-2}Y$
^4_2He

13 النشاط الإشعاعي α هو انبعاث لنواة الهيليوم ^4_2He


Z
84
82
124
126
N
208At
209At
210At
211At
212At
207Po
208Po
209Po
210Po
211Po
206Bi
207Bi
208Bi
209Bi
210Bi
205Pb
206Pb
207Pb
208Pb
209Pb
204Ti
205Ti
206Ti
207Ti
208Ti
α

14 تمثيل التفتت α لنواة البولونيوم في مخطط سيغري


Z
29
28
27
26
31
32
33
34
N
60Cu
61Cu
62Cu
63Cu
59Ni
60Ni
61Ni
62Ni
58Co
59Co
60Co
61Co
57Fe
58Fe
59Fe
60Fe
β⁻

15 تمثيل التفتت β^- لنواة الكوبالت في مخطط سيغري

إشعاعي النشاط	radioactif	ظاهراتي	phénomènologique	إثارة	éxcitation

معادلة هذا التحول النووي هي : $\boxed{{}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e}$.

مثال :

الفوسفور ${}^{30}_{15}P$ إشعاعي النشاط β^+ وقد تم الحصول عليه أول مرة سنة 1934 من طرف (ايرين وفريدريك جوليو كوري).

معادلة تفتته هي : ${}^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{1}e$ (الشكل 16).

للنواة الأصلية والنواة المتولدة نفس عدد الكتلة، غير أنه خلال النشاط الإشعاعي β^+ ، ازداد نوترون واحد ونقص بروتون. مما يدل على أن الإشعاع β^+ داخل النواة ناتج عن تحول بروتون إلى نوترون وفق المعادلة الظاهراتية التالية : ${}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e$.

ملحوظة : كما هو الشأن بالنسبة للكتابة ${}^{0}_{-1}e$، فإن الكتابة ${}^{0}_{+1}e$ خاطئة، وتستعمل في هذا المستوى فقط، بطريقة استعارية لإظهار انحفاظ الشحنة الكهربائية وعدد النويات.

د - النشاط الإشعاعي γ

الإشعاع γ عبارة عن موجات كهرمغنطيسية ذات طاقة كبيرة جدا، وهو يواكب الأنشطة الإشعاعية α و β^- و β^+، حيث تكون النواة المتولدة في حالة إثارة، و لفقدان طاقة إثارتها، فإنها تتخلص من فائض الطاقة هذا ببعث أشعة γ (الشكل 17).

معادلة الإشعاع γ تكتب كالتالي : $\boxed{{}^{A}_{Z}Y^* \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma}$.

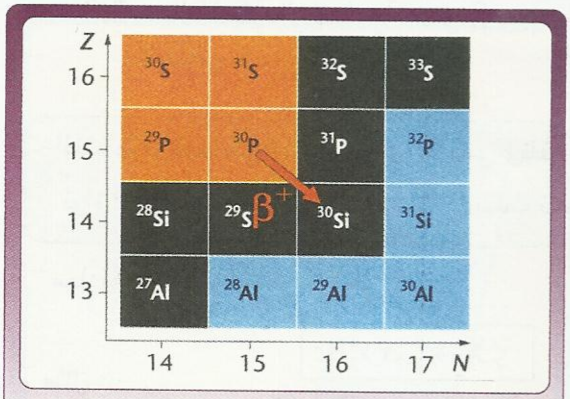
${}^{A}_{Z}Y^*$ النواة المتولدة في حالة إثارة.

${}^{A}_{Z}Y$ نواة متولدة في حالتها الأساسية.

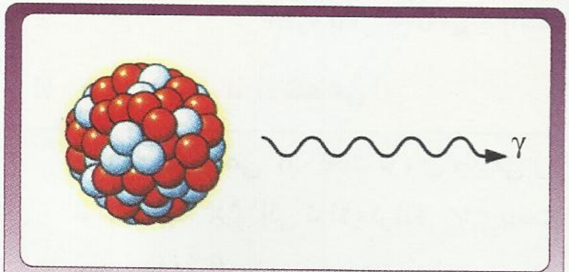
مثال :

${}^{16}_{7}N \rightarrow {}^{16}_{8}O^* + {}^{0}_{-1}e$ نشاط إشعاعي β^-،

${}^{16}_{8}O^* \rightarrow {}^{16}_{8}O + \gamma$ انبعاث أشعة γ.



16 تمثيل التفتت β^+ لنواة الفوسفور في مخطط سيغري



17 انبعاث أشعة γ

18 صورة بالأشعة γ لتمثال. وتنجز هذه الصورة باستعمال الأشعة γ المنبعثة من عينة مشعة

تمرين تطبيقي 1

أنقل إلى دفترك وأتمم كتابة معادلات الأنشطة الإشعاعية التالية، محددا طبيعة كل نشاط.

أ- ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + ...$

ب - ${}^{80}_{35}Br \rightarrow ......+{}^{0}_{1}e$

ج - $Po^* \rightarrow Po + ...$

د - ${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{......}Pb + ...$

حل

أ- ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$ نشاط إشعاعي β^-.

ب - ${}^{80}_{35}Br \rightarrow {}^{80}_{34}Se + {}^{0}_{1}e$ نشاط إشعاعي β^+.

ج - $Po^* \rightarrow Po + \gamma$ نشاط إشعاعي γ.

د - ${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$ نشاط إشعاعي α.

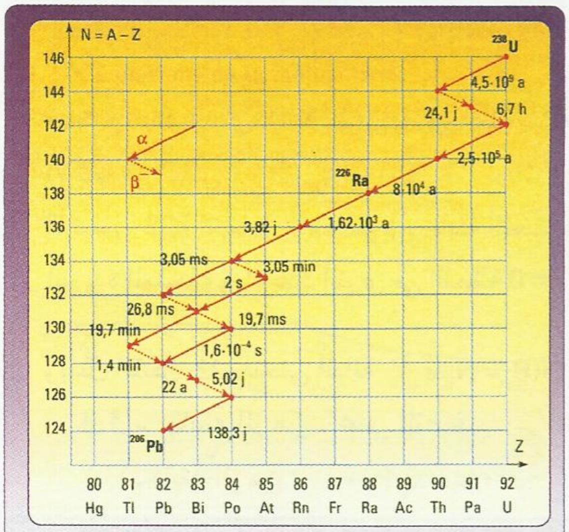
3.2 - الفصيلة المشعة

تتحول نواة أصلية غير مستقرة إلى نواة أخرى. وإذا كانت هذه الأخيرة غير مستقرة كذلك، فإنها تتحول بدورها إلى نواة أخرى، وهكذا إلى أن نحصل في الأخير على نواة مستقرة وغير مشعة. نسمي مجموع النوى الناتجة عن نفس النواة الأصلية **فصيلة مشعة**.

توجد أربع فصائل مشعة طبيعية تنحدر من النوى التالية :

$$^{232}_{90}\text{Th} \ , \ ^{237}_{93}\text{Np} \ , \ ^{235}_{92}\text{U} \ , \ ^{238}_{92}\text{U}$$

ويبين الشكل 19 فصيلة الأورانيوم 238 حيث إن النواة المستقرة هي الرصاص 206 .



19 الفصيلة المشعة للأورانيوم

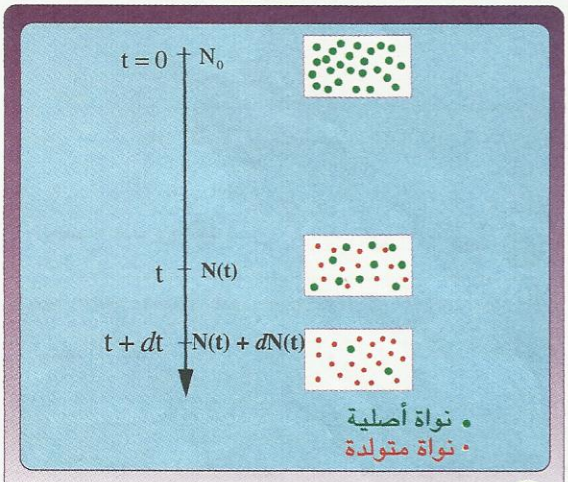
3 التناقص الإشعاعي

1.3 - الصبغة العشوائية للنشاط الإشعاعي

> النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية تحدث تلقائيا، إذ لايمكن التنبؤ باللحظة التي يحدث فيها التفتت ولايمكن تغيير خاصيات هذه الظاهرة.

إن الدراسة الإحصائية لهذه الظاهرة العشوائية، تمكن من التنبؤ بالتطور الزمني لعينة تحتوي على عدد كبير من النوى المشعة.

وتخضع هذه العينة لقانون إحصائي يسمى قانون التناقص الإشعاعي (النشاط3 ص68).



20 عدد النوى المتفتتة خلال المدة الزمنية الوجيزة: dt هو $-dN$

2.3 - قانون التناقص الإشعاعي

نعتبر عينة تحتوي على N_0 من النوى المشعة في اللحظة $t = 0$ ونعتبر$N(t)$ عدد النوى التي لم تتفتت بعد (المتبقية في العينة) في اللحظة t.

$N(t) + dN(t)$ هو عدد النوى المتبقية في العينة عند اللحظة $t + dt$.

($dN(t) < 0$ ، لأن $N(t)$ يتناقص). عدد النوى المتفتتة بين اللحظتين t و $t + dt$ هو : $N(t) - (N(t) + dN(t)) = - dN(t)$.

تبين الدراسة الاحصائية لعينة أن عدد النوى المتفتتة $dN(t)$ - يتناسب مع : - $N(t)$ عدد النوى المتبقية في العينة (لم تشع بعد) ؛

- dt المدة الزمنية .

ويعبر عن هذا رياضيا بالعلاقة : $- dN(t) = \lambda . N(t).dt$

ويمكن كتابة هذه العلاقة كالتالي: $\dfrac{dN(t)}{N(t)} = -\lambda.dt$.

وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها يكتب على شكل:

$$N(t) = K\, e^{-\lambda.t}$$

تحدد الثابتة K حسب الشروط البدئية : $N(t = 0) = N_0 = K$.

النواة المشعة	ثابتة النشاط الإشعاعي
أورانيوم 238	$1,5.10^{-10}$ an^{-1}
كربون 14	$1,2.10^{-4}$ an^{-1}
راديوم 226	$4,3.10^{-10}$ an^{-1}
سيزيوم 137	$2,3..10^{-2}$ an^{-1}
يود 131	$8,5.10^{-2}$ $jour^{-1}$
بولونيوم 212	$2,3.10^{-6}$ s^{-1}

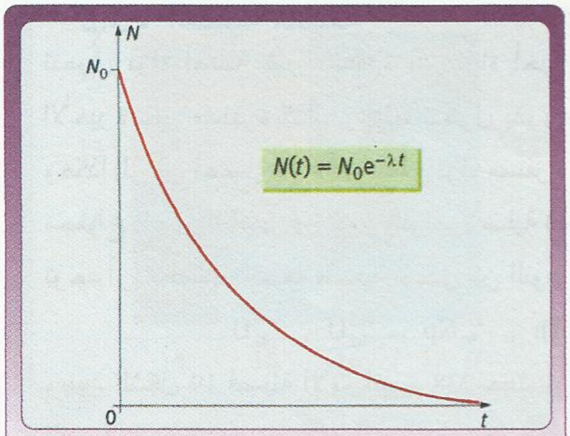
21 قيم ثابتة النشاط الإشعاعي λ لبعض النوى المشعة

صبغة	caractère	عشوائي	aléatoire	فصيلة	famille

الجداء $\lambda.t$ لا بعد له ($[\lambda]=\frac{1}{[t]}$) ، وبالتالي فإن وحدة λ هي: s^{-1} .

يخضع عدد النوى $N(t)$ المتبقية في عينة مشعة لقانون التناقص الإشعاعي التالي: $\boxed{N(t) = N_0.e^{-\lambda.t}}$ ، حيث : λ تسمى ثابتة النشاط الإشعاعي(أو ثابتة التفتت)، وهي تميز طبيعة النويدة المشعة، وN_0 عدد النوى في اللحظة $t = 0$.

ويمثل الشكل 22 منحنى الدالة $N(t) = N_0.e^{-\lambda.t}$.



22 المنحنى الأسي لقانون التناقص الإشعاعي

3.3 - ثابتة الزمن - عمر النصف

أ - ثابتة الزمن τ

تمكن ثابتة النشاط الإشعاعي λ من تعرف زمن مميز لنويدة مشعة معينة، يسمى **ثابتة الزمن** رمزها τ. وتعرف بالعلاقة : $\tau = \frac{1}{\lambda}$.

و كما هو الشأن بالنسبة لـ λ ، فإن τ تميز طبيعة النويدة المشعة.

وحدة τ هي : (s) .

يصبح قانون التناقص الإشعاعي كالتالي :

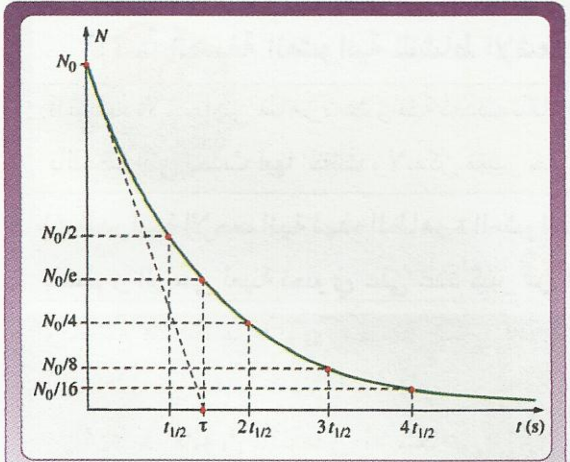
$$N(t) = N_0.e^{-\lambda.t} = N_0.e^{-\frac{t}{\tau}} .$$

عند اللحظة $t = \tau$ تأخذ $N(t)$ القيمة :

$$N(\tau) = N_0.e^{-\frac{\tau}{\tau}} = N_0.e^{-1} = 0{,}37N_0 .$$

وهو مايمثل نقصانا في عدد النوى البدئية N_0 بنسبة 63% .

وتجدر الإشارة إلى أن المماس للمنحنى الأسي عند اللحظة $t = 0$ يقطع محور الأفاصيل عند التاريخ $t = \tau$ (الشكل 23).



23 يقطع، مماس المنحنى عند $t = 0$ ،محور الأفاصيل عند النقطة $t = \tau$

ب - عمر النصف $t_{1/2}$ لنويدة مشعة

يسمى عمر النصف $t_{1/2}$ المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف عدد نوى عينة.

عند $t = t_{1/2}$ لدينا $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$

إذن $N_0.e^{-\lambda.t_{1/2}} = \frac{N_0}{2}$ أي $e^{-\lambda.t_{1/2}} = \frac{1}{2}$

أي $\lambda.t_{1/2} = \ln 2$ ومنه $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

$$\boxed{t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau.\ln 2}$$

يعطي جدول الشكل 24 قيم عمر النصف لبعض النويدات المشعة.

النويدة المشعة	عمر النصف $t_{1/2}$
أورانيوم 238	$4{,}5.10^9$ *ans*
كربون 14	5600 *ans*
راديوم 226	1620 *ans*
سيزيوم 137	30 *ans*
يود 131	8.1 *jours*
بولونيوم 212	3.10^{-7} s

24 قيم عمر النصف $t_{1/2}$ لنويدات مشعة

عمر النصف	demi -vie	أسي	exponentiel	ثابتة الزمن	constante de temps

4.3 ـ نشاط عينة مشعة

أ ـ تعريف

نشاط عينة $a(t)$ تحتوي على عدد $N(t)$ من النوى المشعة هو عدد النوى المتفتتة في وحدة الزمن. تعبيره : $\boxed{a(t) = -\dfrac{dN(t)}{dt}}$.

وحدة $a(t)$ هي البيكريل (Bq) Becquerel

1Bq يمثل تفتتا واحدا في الثانية.

من العلاقة : $-dN(t) = \lambda N(t)dt$ (الفقرة السابقة 2.3)

نستنتج أن: $a(t) = -\dfrac{dN(t)}{dt} = \lambda N(t)$ ،

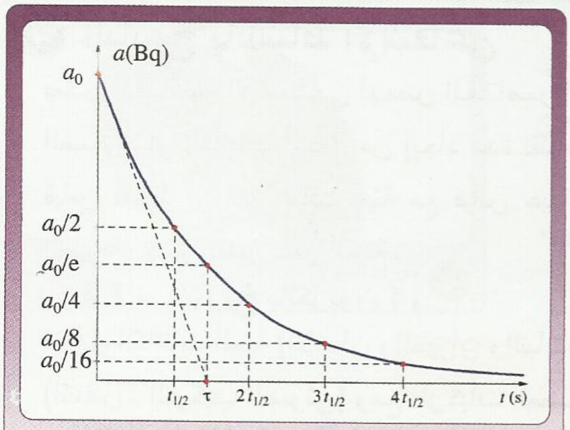
ومنه : $a(t) = \lambda N(t)$.

بتعويض $N(t)$ بالعلاقة $N(t) = N_0 . e^{-\lambda t}$.

نجد : $a(t) = \lambda . N_0 . e^{-\lambda t}$.

أي $\boxed{a(t) = a_0 . e^{-\lambda t}}$ مع $\boxed{a_0 = \lambda . N_0}$ ويبين الشكل 25 منحنى تغيرات النشاط الإشعاعي $a(t)$ بدلالة الزمن.

يقاس النشاط الإشعاعي بواسطة عدادات كعداد ″ جيجر″ Geiger (الشكل 26).



25 قانون التناقص الإشعاعي بالنسبة للنشاط الإشعاعي $a(t)$

26 عداد النشاط الإشعاعي ″ جيجر″

27 نشاط 1g من الراديوم Ra هو $3,7.10^{10} Bq$ وهي قيمة تساوي الوحدة القديمة ″ الكوري 1 curie ″

ب ـ أمثلة لنشاط مصادر مشعة

المصدر المشع	النشاط بـالوحدة (Bq)
رجل كتلته 70 Kg	7000 Bq
لتر من ماء معدني	10 Bq
1 kg من السمك	100 Bq
1 kg من السماد الفوسفاطي	2000 Bq
1 kg من البلوتونيوم	2×10^{12} Bq
مصدرطبي مشع	10^{14} Bq

تمرين تطبيقي 2

عمر النصف لليود 131 المستعمل في الطب هو 8,1 يوما.

1ـ أُحسب عدد النوى الموجودة في عينة من اليود 131 كتلتها $m = 1g$.

2 ـ ما قيمة ثابتة النشاط الإشعاعي λ؟

3 ـ أُحسب النشاط a لهذه العينة.

نعطي :

ثابتة أفوكادرو : $N_A = 6,02.10^{23} mo\ell^{-1}$.

حـل

1ـ عدد النوى N الموجودة في العينة : $N = \dfrac{m}{M} \times N_A$

M الكتلة المولية لعنصر اليود ؛ $M = N_A . m(I)$ حيث $m(I)$. كتلة ذرة اليود : $M = N_A \left[Zm_p + (A-Z)m_n + Zm_e \right]$. وبما أن :

$m_e << m_p$ و $m_p \approx m_n$ فإن : $M \approx AN_A . m_p \approx A\left(g.mo\ell^{-1}\right)$.

إذن : $N = \dfrac{m}{M} \times N_A = \dfrac{1,0}{131} \times 6,02.10^{23} = 4,5.10^{21}$

2 ـ ثابتة النشاط الإشعاعي λ

$t_{1/2} = 8,1 \times 24 \times 3600\ (s)$ ومنه : $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}} = 9,90.10^{-7} s^{-1}$

3 ـ نشاط العينة : $a = \lambda . N = 4,6.10^{15} Bq$.

4 التأريخ بالنشاط الإشعاعي

يمكن التناقص الإشعاعي لبعض العناصر المشعة، الموجودة في الصخور أو الكائنات الميتة، من إيجاد عدة تقنيات للتأريخ. فبمقارنة قياس نشاط أو كمية مادة عينة مع قياس عينة " شاهدة" من نفس الطبيعة، يمكن تقدير عمر العينة.

1.4 - التأريخ بالكربون 14

تتبادل الكائنات الحية (الإنسان والحيوان والنبات) الكربون مع الجو (التنفس، التركيب الضوئي) ومع المركبات العضوية (التغذية).

يتوفر عنصر الكربون أساسا على نظيرين : الكربون 12 وهو مستقر ، والكربون 14 وهو إشعاعي النشاط β^-. وهذا الأخير موجود بكميات ضئيلة بسبب ضعف وفارته الطبيعية($0,0001\%$)؛حيث يوجد بهذه الوفارة في كل تركيب كيماوي يضم الكربون (مثل : ثنائي أوكسيد الكربون CO_2). ويتكون هذا النظير نتيجة تفاعل نوى الأزوت مع نوترونات الأشعة الكونية وفق المعادلة التالية : $^{14}_{7}N+^{1}_{0}n\rightarrow ^{14}_{6}C+^{1}_{1}H$.

نفترض أنه خلال 40000 سنة الأخيرة، بقيت نسبة الكربون 14 في الفضاء ثابتة مع مرور الزمن.

إن هذه النسبة توجد في كل الكائنات الحية، وعند " موتها" تتناقص هذه النسبة بسبب تفتت نوى ^{14}C وفق المعادلة التالية : $^{14}_{6}C\rightarrow ^{14}_{7}N+^{0}_{-1}e$.

وبتطبيق قانون التناقص الإشعاعي : $a(t)=a_0e^{-\lambda t}$.

علما أن : $t_{1/2}=5600\ ans$ ، $\lambda=\dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

يمكن تحديد عمر عينة بالعلاقة التالية : $t=-\dfrac{1}{\lambda}\ln\dfrac{a(t)}{a_0}=-\dfrac{t_{1/2}}{\ln 2}.\ln\dfrac{a(t)}{a_0}$

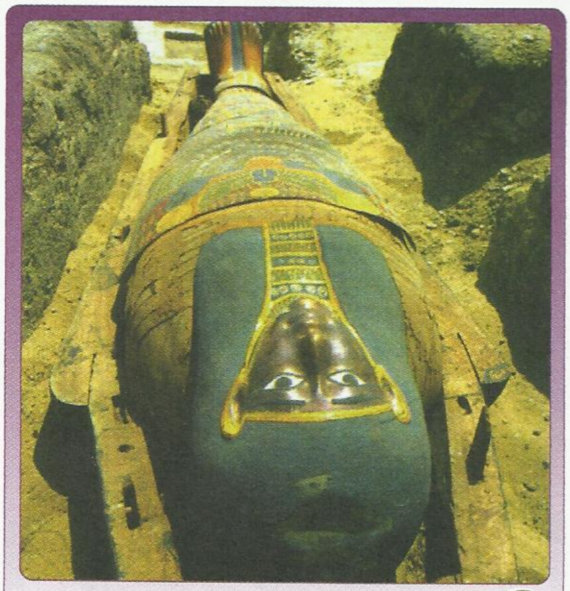
- يقاس النشاط $a(t)$ لكتلة معروفة من عينة (1g مثلا).
- يقاس النشاط a_0 لنفس الكتلة من عينة شاهدة حالية.

وتجدر الإشارة إلى أن طريقة التأريخ بالكربون 14 تستعمل فقط بالنسبة للعينات التي يكون عمرها أقل من 40000 سنة. وهذا راجع لكون العينات الأطول عمرا تحتوي على كمية ضئيلة جدا من ^{14}C ، ولايمكن قياس نشاطها.

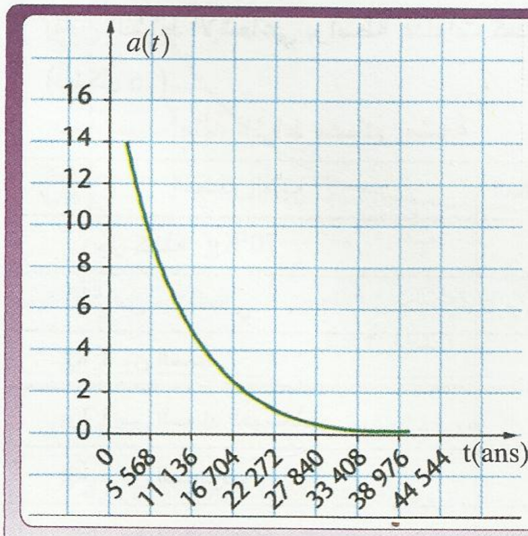
2.4 - التأريخ بطرق أخرى

توجد طرق أخرى للتأريخ تستعمل فيها نويدات مشعة عمر نصفها كبير جدا. وتمكن من تأريخ عينات أكثر قدما (الجدول جانبه).

لتأريخ عينات قديمة جدا كالصخور، يستعمل الأورانيوم238. إن استعمال هذا النظير ذي عمر النصف $t_{1/2}=4,468.10^9 ans$ ، قد مكن من تقدير عمر الكرة الأرضية وهو حوالي 4,55 مليار سنة (انظر التمرين رقم 9 ص82).



28 مكنت طريقة التأريخ بالكربون 14 من تحديد عمر هذه المومياء وهو 2300 سنة



29 منحنى التناقص الإشعاعي لنشاط ^{14}C بالنسبة لعينة كتلتها 1g .

الطريقة	مجال صلاحيتها
الكربون 14	40000 ans
بوتاسيوم - أرغون	10^9 ans
روبيد يوم - سترنسيوم	10^9 ans
أورانيوم - رصاص	10^9 ans

30 بعض طرق التأريخ ومجال صلاحيتها

عندما تتعذر معرفة التركيب البدئي لعنصر مشع موجود في عينة، يفضل استعمال طرق أخرى يقارن فيها تطور نوعين من النويدات كالزوج (روبيد يوم - سترنسيوم).

يمثل الشكل 31 نيزك قمري، تم تحديد عمره عن طريق النشاط الإشعاعي، وقد قدر عمره بحوالي 3,97 مليار سنة.

31 نيزك قمري

تمرين تطبيقي 3

أعطى قياس النشاط الإشعاعي، لعينة من الفحم كتلتها غرام واحد، أخذت من موقد نار يرجع إلى ماقبل التاريخ، القيمة $a(t)=4,0\times10^{-2}\,\text{Bq}$.

أُحسب عمر الموقد ما قبل التاريخي، علما أن نشاط غرام واحد من الفحم الموجود في الوقت الحاضر : $a_0=0,23\text{Bq}$.

نعطي : عمر النصف للكربون 14 هو $t_{1/2}=5600\ ans$.

حـل

عمر قطعة الفحم أي عمر الموقد هو :

$$t=-\frac{t_{1/2}}{\ln2}\ .\ \ln\frac{a(t)}{a_0}$$

$$t=-\frac{5600}{\ln2}\ .\ \ln\left(\frac{4\times10^{-2}}{0,23}\right)$$

. $t=14132\ ans$

الحصيلة

النشاط الإشعاعي

- **النواة المشعة نواة غير مستقرة تتفتت تلقائيا لتتحول إلى نواة أخرى أكثر استقرارا ببعثها دقائق.**
- **قانون الانحفاظ: خلال تحول نووي تنحفظ الشحنة الكهربائية وكذلك العدد الإجمالي للنويات A.**

أنواع الأنشطة الإشعاعية

- **النشاط الإشعاعي α هو انبعاث نواة الهيليوم ^4_2He وفق المعادلة :** $\boxed{^A_ZX\rightarrow{}^{A-4}_{Z-2}Y+{}^4_2He}$.
- **النشاط الإشعاعي β^- هو انبعاث إلكترون $^0_{-1}e$ وفق المعادلة :** $\boxed{^A_ZX\rightarrow{}^{A}_{Z+1}Y+{}^0_{-1}e}$.
- **النشاط الإشعاعي β^+ هو انبعاث بوزيترون ^0_1e وفق المعادلة :** $\boxed{^A_ZX\rightarrow{}^{A}_{Z-1}Y+{}^0_1e}$.
- **النشاط الإشعاعي γ هو انبعاث موجات كهرمغنطيسية ذات طاقة عالية وفق المعادلة :** $\boxed{Y^*\rightarrow Y+\gamma}$.

التناقص الإشعاعي

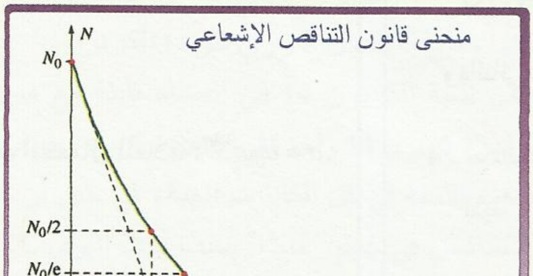
- **يخضع عدد النوى $N(t)$ المتبقية في عينة مشعة، في لحظة t لقانون التناقص الإشعاعي التالي :** $\boxed{N(t)=N_0\,.e^{-\lambda.t}}$
- **ثابتة الزمن τ هي :** $\boxed{\tau=\frac{1}{\lambda}\ (s)}$.
- **عمر النصف $t_{1/2}$ هو المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف نوى عينة.** $\boxed{t_{1/2}=\frac{\ln2}{\lambda}=\tau.\ln2}$.
- **نشاط عينة مشعة في لحظة t، تحتوي على $N(t)$ نوى مشعة هو عدد التفتتات في وحدة الزمن.** $\boxed{a(t)=-\frac{dN(t)}{dt}}$.

وحدة $a(t)$ هي البيكريل Bq ،

1 Bq يمثل تفتتا واحدا في الثانية.

- **يتناسب $a(t)$ مع عدد النوى $N(t)$.**

$\boxed{a(t)=\lambda N(t)=a_0\,.e^{-\lambda t}}$ **مع** $\boxed{a_0=\lambda N_0}$.



تمرين محلول

تفتت نواة البولونيوم $^{210}_{84}\mathrm{Po}$ لتعطي دقيقة α ونواة متولدة $^{A}_{Z}\mathrm{Pb}$ حسب المعادلة :

$$^{210}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{Pb} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \cdot$$

1 ـ حدد قيمتي A و Z.

2 ـ استنتج ، في النظام العالمي للوحدات ، قيمة ثابتة النشاط الاشعاعي للنويدة $^{210}_{84}\mathrm{Po}$، علما أن عمر النصف هو 138 يوما.

3 ـ نريد تحضير عينة مشعة ذات نشاط إشعاعي $a_0 = 5\mathrm{B}q$ عند تاريخ تحضيرها.

ماقيمة الكتلة m_0 من عينة البولونيوم $^{210}_{84}\mathrm{Po}$ اللازم استعمالها ، علما أن العينة تتكون فقط من الذرات $^{210}_{84}\mathrm{Po}$ ؟

4 ـ أحسب نشاط هذه العينة المشعة بعد 30 يوما من تحضيرها.

نعطي: ثابتة أفوكادرو: $\mathrm{N_A} = 6,023.10^{23}\,\mathrm{mo}\ell^{-1}$ و الكتلة المولية للبولونيوم : $\mathrm{M_{(Po)}} = 210g/\mathrm{mo}\ell$.

إرشادات

1 ـ استحضار قانوني الانحفاظ.

2 ـ استعمال العلاقة: $t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{\lambda}$

3 ـ استحضار العلاقة:

$a(t) = \lambda \mathrm{N}(t)$.

4 ـ استعمال العلاقة: $a = a_0.e^{-\lambda t}$.

حـل

1 ـ قيمتا A و Z :

لدينا : $^{210}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{Pb} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$.

يعطي قانون انحفاظ عدد الكتلة : $A + 4 = 210$ أي $A = 206$.

يعطي قانون انحفاظ عدد الشحنة : $Z + 2 = 84$ أي $Z = 82$.

2 ـ قيمة λ ثابتة التفتت لنويدة $^{210}_{84}\mathrm{Po}$:

نعلم أن : $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$ أي $t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{\lambda}$.

ت . ع : $\lambda = \dfrac{\ln 2}{138 \times 24 \times 60 \times 60} = 5,8.10^{-8}\, s^{-1}$.

3 ـ حساب الكتلة m_0 :

لدينا: $a(t) = \lambda \mathrm{N}(t)$ ، عند تاريخ التحضير $t = 0$: $a_0 = \lambda \mathrm{N}_0$.

مع : $\mathrm{N}_0 = \dfrac{m_0}{\mathrm{M_{(Po)}}}.\mathrm{N_A}$ إذن : $a = \lambda \dfrac{m_0}{\mathrm{M_{(Po)}}}.\mathrm{N_A}$.

وبالتالي: $m_0 = \dfrac{a.\mathrm{M_{(Po)}}}{\lambda.\mathrm{N_A}}$ ، ت . ع $m_0 = \dfrac{5 \times 210}{5,8.10^{-8} \times 6,023.10^{23}} = 3.10^{-14} g$

4 ـ حساب نشاط العينة :

لدينا : $a = a_0.e^{-\lambda t}$ ، عند اللحظة $t = 30\,jours$ نجد:

$$a = 5.e^{-\frac{\ln 2}{138}.30} = 4,3\mathrm{B}q \cdot$$

رين لاختبار المعارف

انقل النص التالي على دفترك واملإ الفراغ :

1- يكون لنظيرين نفس عدد.... وليس لهما نفس عدد ....

2- النشاط الإشعاعي α هو..... نواة ....

3- ينتج النشاط الإشعاعي........ عن تحول نوترون إلى بروتون و.................. .

4- ينتج النشاط الإشعاعي β^+ عن تحول............ إلى .... و ....

اجب بصحيح أو خطأ :

1- عدد نوترونات النوى الإشعاعية النشاط β^- أكبر من عدد بروتوناتها.

2- النشاط الإشعاعي لعينة مشعة يتناسب مع عدد نوى هذه العينة.

3- لثابتة النشاط الإشعاعي λ وحدة الزمن.

4- النشاط الإشعاعي لعينة تحتوي على 5,00 مول من البولونيوم 210 ، والذي له عمر النصف يساوي 138 يوما، هو $1,7510^{17}\text{Bq}$ نعطي: $N_A = 6,0210^{23}\,mo\ell^{-1}$

تمارين تطبيقية

مكونات النواة

انقل الجدول التالي وأتمم ملأه:

النواة	A	Z	N
	4		2
$^{239}_{92}U$			
	226	88	

4 استثمار المخطط (N,Z) .

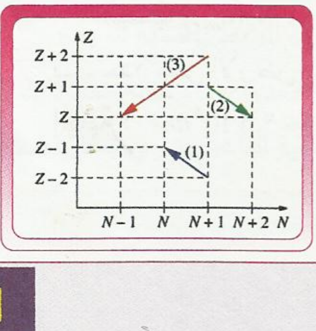
1- حدد على المخطط (N,Z) موضع النوى المستقرة بالنسبة لـ Z < 20 .

2- ماذا يمكن أن يحدث لنواة لها وافر من البروتونات ؟

3- ماذا يمكن أن يحدث لنواة لها وافر من النوترونات؟

5 تعرف أنواع الإشعاعات على المخطط (N,Z) .

حدد، معللا جوابك، أنواع الإشعاعات المبينة على المخطط (N,Z) جانبه :



6 انقل ثم أتمم كتابة معادلات التفتتات التالية بالإستعانة بجدول الترتيب الدوري للعناصر الكيميائية :

-1 $^{217}_{88}Ra \rightarrow ......+^{4}_{2}He$

-2 $^{103}_{42}Mo \rightarrow ......+^{0}_{-1}e$

-3 $^{174}_{73}Ta \rightarrow ^{174}_{72}Hf + ...$

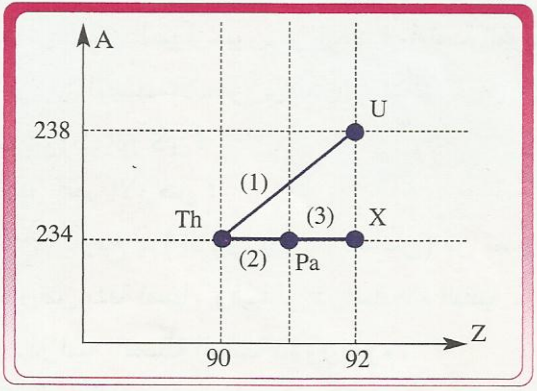
-4 $^{174}_{72}Hf \rightarrow ......+^{4}_{2}He$

-5 $^{213}_{84}Po \rightarrow ^{209}_{82}Pb + ...$

-6 $^{209}_{82}Pb \rightarrow ^{209}_{83}Bi + ...$

7 الفصيلة المشعة :

يعطي المخطط التالي النوى الأولى من فصيلة الأورانيوم 238.



1- أكتب معادلات التفتتات (1)و(2) و (3) ما رمز النواة X ؟

2- يصاحب التفتت (1) انبعاث أشعة γ.

أ - ما طبيعة الأشعة γ ؟

ب - أكتب معادلة هذا التفتت.

أجوبة: $^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He$ ، $^{234}_{90}Th \rightarrow ^{234}_{91}Pa + ^{0}_{-1}e$

$^{234}_{91}Pa \rightarrow ^{234}_{92}U + ^{0}_{-1}e$ ، $^{234}_{90}Th^{*} \rightarrow ^{234}_{90}Th + \gamma$

تمارين توليفية

8 التأريخ بالكربون $^{14}_{6}C$

الكربون14 $^{14}_{6}C$ نظير إشعاعي النشاط β^-.

1- أكتب معادلة التحول النووي لنويدة الكربون.

2 - تبقى نسبة الكربون 14 في الفضاء ثابتة مع مرور الزمن(ذرة كربون 14 واحدة في 10^6 ذرة كربون طبيعي). توجد هذه النسبة في كل الكائنات الحية، في حين أن هذه النسبة تتناقص في جسم "ميت" بسبب تفتت النوى $^{14}_{6}C$.

عمر النصف للكربون 14 هو $t_{1/2} = 5600\ ans$.

نسمي $\frac{a(t)}{a_0}$ نسبة الكربون 14 المتبقية عند تأريخ كائن "ميت" في اللحظة t .

أ ـ انقل الجدول التالي وأتممه

(années) t	0	2800	5600	8400	11200	14000	16800
$\frac{a(t)}{a_0}$		0,71		0,35		0,18	

ب ـ خط المنحنى الممثل لـ $\frac{a(t)}{a_0}$ بدلالة t .

السلم : محور الأفاصيل : $100ans \leftrightarrow 1cm$

محور الأراتيب : $1 \leftrightarrow 1cm$

3 ـ أثناء ثوران بركان، اختفت غابة مجاورة له تحت الأنقاض. تمكن الجيولوجيون من إيجاد قيمة نسبة الكربون 14 في كربون الخشب الأحفوري $\frac{a(t)}{a_0} = 0{,}49$.

متى حدث البركان؟

9 تقدير عمر الأرض :

مكن التأريخ بـ (الأورانيوم ـ رصاص) من تقدير عمر الأرض بدقة نسبيا. وفيمايلي دراسة هذه التقنية.

1 ـ دراسة الفصيلة المشعة للأورانيوم.

يتحول الأورانيوم 238 ، المشع طبيعيا إلى الرصاص206 المستقر بعد سلسلة من التفتتات المتتالية (لن نأخذ بعين الإعتبار الإشعاعات γ).

1.1 في المرحلة الأولى، تتحول نواة الأورانيوم $^{238}_{92}U$ الإشعاعية النشاط α إلى نواة التوريوم Th.

أ ـ أعط تعريف النواة المشعة.

ب ـ أكتب معادلة التفتت محددا القوانين المستعملة.

2.1 في مرحلة ثانية تتحول نواة التوريوم 234 إلى نواة البروتاكتينيوم $^{234}_{91}Pa$ ، حسب المعادلة:

$$^{234}_{90}\mathrm{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e$$

ماطبيعة هذا التفتت؟ علل إجابتك.

3.1 المعادلة الكلية لتحول نواة الأورانيوم 238 إلى نواة الرصاص 206 هي :

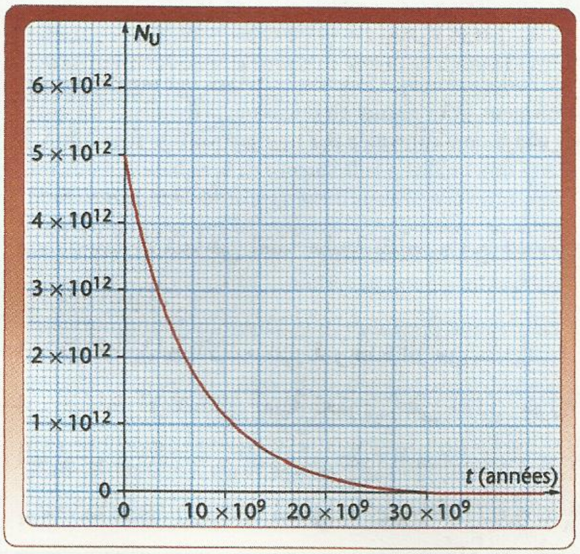
$$^{238}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{206}_{82}\mathrm{Pb} + x\,{}^{4}_{2}\mathrm{He} + y\,{}^{0}_{-1}e$$

حدد عدد التفتتات α وعدد التفتتات β^- .

2 ـ نعتبر عينة من صخرة قديمة عمرها هو عمر الأرض نرمز له بـ t_{terre} . تحتوي هذه العينة على نسب ثابتة من عنصري الأورانيوم 238 والرصاص 206 (الناتج عن تحول الأورانيوم 238).

يُمكن قياس كمية الرصاص206 الموجودة في العينة من تحديد عمرها وذلك انطلاقا من منحنى التناقص الإشعاعي لعدد نوى الأورانيوم 238 .

1.2 نعتبر المنحنى $N_u(t)$ لعدد نوى الأورانيوم 238 الموجود في العينة (الشكل أسفله).



أ ـ عين مبيانيا:

. العدد البدئي $N_u(o)$ لنوى الأورانيوم.

. ثابتة الزمن τ ثم استنتج ثابتة النشاط الإشعاعي λ .

ب ـ اعط تعبير $N_u(t)$ بدلالة $N_u(o)$ ، ثم أحسب عدد نوى الأورانيوم 238 المتبقية في العينة عند اللحظة $t_1 = 1{,}5.10^9\,ans$. تأكد مبيانيا من النتيجة.

ج ـ اعط تعريف عمر النصف $t_{1/2}$ ماقيمته ؟

2.2 أعطى قياس كمية الرصاص $N_{Pb}(t_{terre})$ عند اللحظة t_{terre} القيمة $2{,}5.10^{12}$ ذرة.

أ ـ أوجد العلاقة بين $N_u(t_{terre})$ و $N_u(o)$ و $N_{Pb}(t_{terre})$

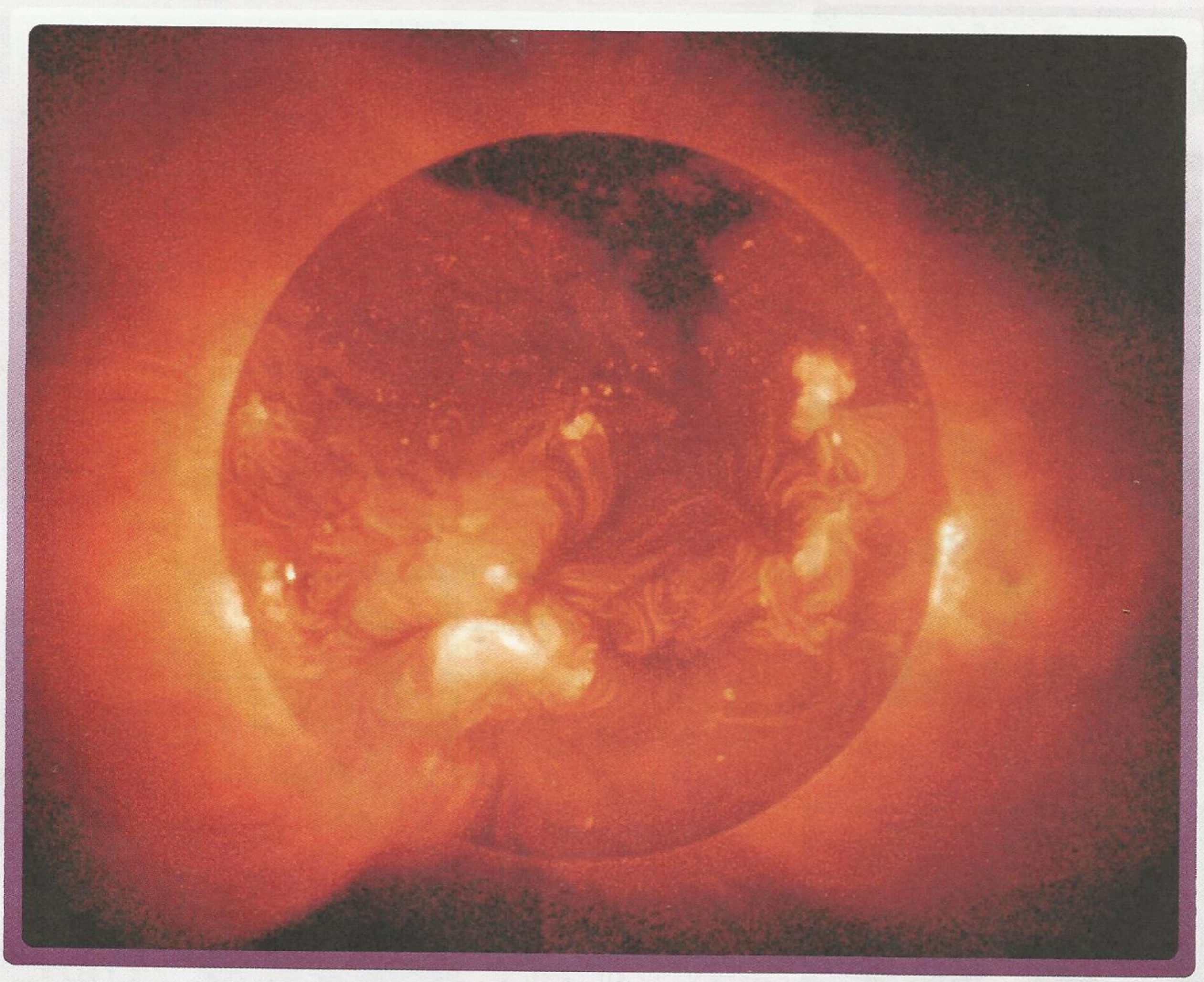
أحسب $N_u(t_{terre})$.

ب ـ حدد عمر الأرض t_{terre} .

إجابة : $t_{terre} \approx 5{,}6.10^9\,ans$.

6 النوى، الكتلة والطاقة

Noyaux, masse et énergie



الشمس كرة هائلة من الغاز شعاعها 70 000 Km ، و الطاقة التي تشعها ناتجة عن تفاعلات الاندماج النووي.

ما الاندماج النووي ؟ وكيف تحرر هذه التفاعلات طاقة هائلة ؟

الأهداف

- تعرُّف علاقة التكافؤ "كتلة - طاقة" ؛
- تعرُّف وحساب النقص الكتلي وطاقة الربط ؛
- تعرُّف وحساب طاقة الربط بالنسبة لنوية ؛
- تعرُّف الانشطار والاندماج، وكتابة معادلات التحولات النووية بتطبيق قوانين الانحفاظ ؛
- إنجاز الحصيلة الطاقية لتفاعل نووي بمقارنة طاقات الكتلة.

النشاط 1 الانشطار النووي نشاط وثائقي

كيف اكتشف تفاعل الانشطار النووي ؟

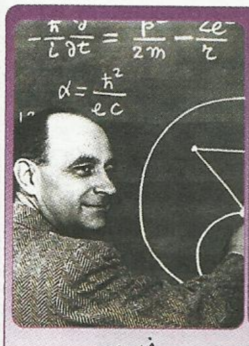
في سنة 1932م اكتشف الفيزيائي الإنجليزي (جيمس شادويك Chadwick) النوترون، الشيء الذي أدى إلى التأكد من مفهوم النظائرية. والنوترون دقيقة غير مشحونة كهربائيا لذا يمكنه الاقتراب من نواة ذرة والاصطدام بها. وقد كان الفيزيائي الإيطالي (إنريكو فيرمي Fermi) أول من توصل إلى أن النوترونات البطيئة تصلح كقذائف للنوى، وتمكن من تبطيء النوترونات بتمريرها في مواد غنية بذرات الهيدروجين كالبارافين.

وبعد ذلك قام (فيرمي) بقذف عدة نوى بالنوترونات، ولاحظ عند قذف نوى الأورانيوم، أن النوى المتولدة إشعاعية النشاطβ^-. وككل فيزيائيي تلك الحقبة، كان (فيرمي) متأكدا من أن النوى المتولدة الإشعاعية النشاط β^- هي نظائر للأورانيوم.

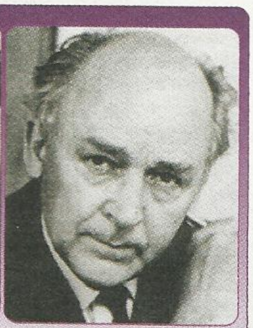
في سنة 1938م توصل الألمانيان (أوطوهان Hahn) و(ستراسمان Strassmann)، باعتماد التحليل الكيميائي، إلى أن الجسم المشع الناتج عن قذف الأورانيوم بالنوترونات هو نظير اصطناعي للباريوم $\mathrm{Ba}(Z=56)$. وقبل نشر هذه النتيجة، أطلع (أوطوهان) مساعدته الفيزيائية (ليز مايتنير Meitner) على ما توصل إليه. أدركت (مايتنير) بمساعدة حفيدها الفيزيائي (أوطو فريش Frisch) أنه يمكن لنواة الأورانيوم المتكوِّنة من 92 بروتونا (جميعها في تأثيرات بينية كهربائية تنافرية)، أن تفقد استقرارها إثر قذفها وتنشطر إلى نواتين خفيفتين. وقد أطلق (فريش) على هذه الظاهرة اسم " **الانشطار النووي**".

في سنة 1944 م ، حصل أوطوهان على جائزة نوبل في الكيمياء لاكتشافه ظاهرة الانشطار النووي.

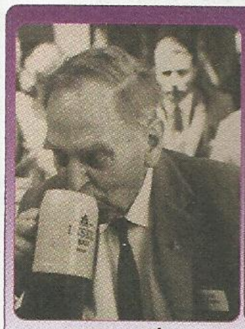
① شادويك (1891م - 1974م)



فيرمي (1901م - 1954م)



② ستراسمان (1902م - 1980م)



أوطوهان (1879م - 1968م)

③ فريش (1904م - 1979م)

مايتنير (1878م - 1968م)

استثمار :

1. ذَكِّر بتعريف النظائر. كيف أدى اكتشاف شادويك إلى التأكد من مفهوم النظائرية ؟
2. اكتب معادلة التفتتβ^- لنظير محتمل للأورانيوم نرمز له بـ $^{A}_{92}\mathrm{U}$.
3. هل النوى الإشعاعية النشاطβ^- التي حصل عليها فيرمي بعد قذفه نوى الأورانيوم بالنوترونات هي فعلا نظائر للأورانيوم ؟ اكتب معادلة تفتت هذه النوى. نرمز لعدد الكتلة بالحرفA.
4. في المفاعلات النووية، يطلق على النوترونات التي تسبب تفاعلات الانشطار النووي إسم النوترونات البطيئة. لماذا ؟

انشطار	fission	نظائرية	isotopie	اندماج	fusion	تبطيء	ralentissement

النشاط 2 الاندماج النووي نشاط وثائقي

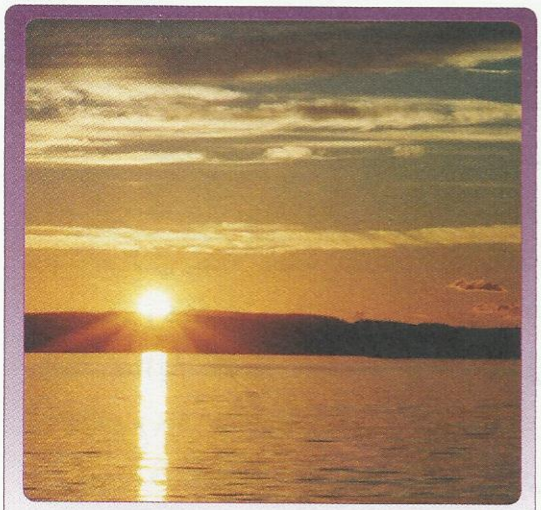
من أين تأتي طاقة الشمس ؟

الشمس كرة من الغاز الملتهب درجة حرارته تناهز ملايين من الدرجات المئوية، تتألف من 85% من الهيدروجين و13% من الهيليوم، وتحوي 64 عنصرا آخر على شكل شوائب. تصدر الشمس طاقة هائلة وتظل رغم ذلك على حالها لاتنضب. لقد شغلت هذه الظاهرة العلماء لفترات طويلة في القرون السابقة. إلا أن تفسير ذلك لم يكن ممكنا قبل التعرف على تركيب الذرة على يد (رذرفورد Rutherford)، وقبل نظرية (أينشتاين Einstein) التي تنص على وجود تكافؤ بين الكتلة والطاقة ($E = m.c^2$).

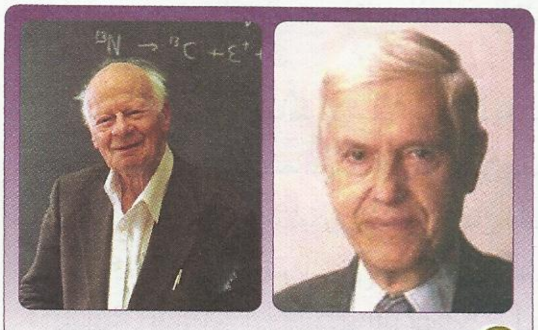
وبناء على هذه المعرفة استطاع العالمان (فون فايزاكر Von Veizacker) و(هانس بيث Hans Beth) سنة 1938 م التوصل إلى أن الطاقة الشمسية تنتج عن تفاعل نووي يتم فيه تحويل جزء ضئيل جدا من كتلة الشمس إلى طاقة هامة، وقد أثبتا أنه خلال هذا التفاعل تدمج أربع بروتونات مع بعضها لتعطي الهيليوم وفق المعادلة :

$$^1_1H+^1_1H+^1_1H+^1_1H \longrightarrow ^4_2He + 2^0_1e + 2\gamma$$

ويسمى هذا التفاعل : **"الاندماج النووي"** ويحدث هذا التفاعل حوالي 10^{38} مرة في الثانية، ويستهلك أكثر من 600 مليون طن من الهيدروجين في الثانية.



4 ترسل الشمس طاقتها على شكل إشعاعات



5 كارل فون فايزاكر هانس بيث

استثمار :

1. ما هي العلاقة التي اشتهر بها أينشتاين والمعبرة عن التكافؤ كتلة ـ طاقة ؟
2. اقترح تعريفا للاندماج النووي مستعملا فيه العبارتين :" نوى خفيفة" و"نواة ثقيلة".
3. ما الشرط الذي يجب توفره لحدوث الاندماج النووي ؟
ما مصدر البروتونات المتفاعلة ؟
4. أُحسب كتلة الهيدروجين المستهلكة داخل الشمس منذ نشأتها منذ حوالي خمسة ملايير سنة. نفترض أن عدد نَوى الهيدروجين المتحولة في الثانية يبقى ثابتا خلال هذه المدة.
قارن بين هذه الكتلة و كتلة الشمس الحالية والتي تقارب 2.10^{30} kg .
5. ما مصدر الطاقة الآتية من الشمس ؟ على أي شكل تصلنا إلى الأرض؟

6 انفجار القنبلة الهيدروجينية ناتج عن اندماج نظيري الهيدروجين ^2_1H و ^3_1H حسب المعادلة :

$$^2_1H + ^3_1H \longrightarrow ^4_2He + ^1_0p$$

نووي	nucléaire
هيليوم	hélium
طاقة شمسية	énergie solaire
تكافؤ	équivalence

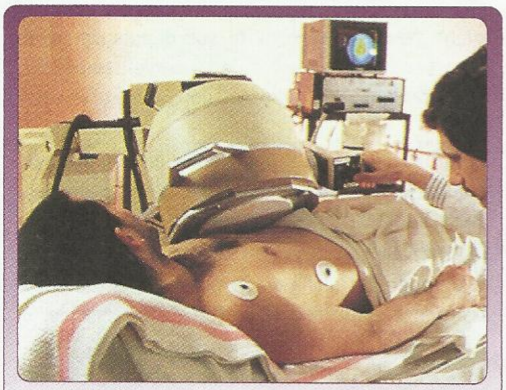
النشاط 3 تطبيقات الإشعاعات النووية نشاط وثائقي

هل الإشعاعات النووية مفيدة ؟

يُعد الطب أول المجالات التي عرفت تطبيقات للأنشطة الإشعاعية، بعد اكتشافها من طرف (هنري بيكريل). فقد لاحظ هذا الأخير احمرارا على جلده ناتجاً عن حروق أحدثتها قطعة من الراديوم كان يضعها في جيب صدريته. أثار هذا الحدث اهتمام (بييركوري) فأعاد التجربة على ذراعه، وتوصل إلى أن التقرح الذي يحدثه الإشعاع قد شفي بعد بضعة أسابيع بعد تعريضه مرة أخرى للأشعة. وكانت هذه بداية استعمال النشاط الإشعاعي في معالجة سرطانات الجلد. حاليا تستعمل الإشعاعات النووية في تشخيص بعض الأمراض، فالطاليوم 201 مثلا عنصر مشع له عمر النصف يساوي 3,04 يوم، يُثَبَّت في قلب الإنسان؛ فعند حقن كمية ضئيلة جدا منه في الجسم يمكن بواسطة كاميرا خاصة، معرفة حالة عضلات القلب.

وتمكن الإشعاعات β^- من تعقيم أدوات الجراحة ومن القضاء على بعض الخلايا السرطانية.

إن استعمالات النشاط الإشعاعي أصبحت كثيرة ومتنوعة. ففي مجال الصناعة تستعمل الإشعاعات γ للتأكد من جودة التلحيم، ومن الكشف عن عيوب بعض المواد. وتمكن الأشعة γ من القضاء على البكتيريا الموجودة في المواد الغذائية، مؤدية بذلك إلى تمديد مدة حفظها، وتسمى هذه العملية : التأين الغذائي - الزراعي. . . ، وهناك معالجات أخرى ترمي للزيادة في مقاومة النباتات للأمراض، كالأرز والحنطة. . . . كما تستعمل الإشعاعات في حفظ وترميم اللوحات الفنية، وكذا الأجسام القديمة المهددة بالانحلال، كالمومياءات.


7 فحص طبي للقلب يستعمل النشاط الإشعاعي

8 التأين الغذائي - الزراعي

9 مومياء الفرعون رمسيس الثاني

استثمار :

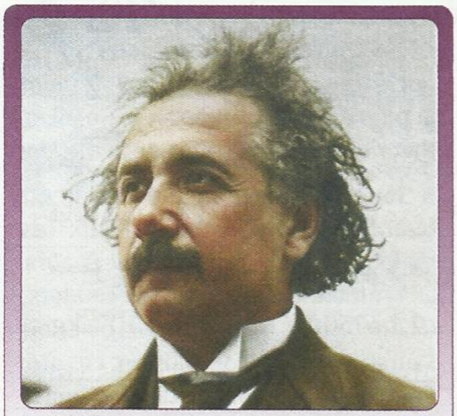
1. هل محاولة الفيزيائي بيير كوري إحداث حروق بالأشعة في ذراعه عمل عقلاني ؟ ما الدافع لذلك ؟
2. من خلال النص، اعط مثالا يلعب فيه النشاط الإشعاعي دورا تشخيصيا للأمراض، ومثالا آخر يلعب فيه دورا علاجيا.
3. لاحظ عمر النصف للطاليوم 201. ماذا يمكن استخلاصه في اليوم الثاني من إجراء الفحص ؟
4. ما الدور الذي تلعبه الإشعاعات γ في عملية التأين الغذائي - الزراعي ؟

حروق	brûlures
تقرح	ulcération
غذائي - زراعي	agro-alimentaire
ترميم	restauration
تأين	ionisation

1 التكافؤ " كتلة ـ طاقة "

1.1 ـ علاقة أينشتاين

مكنت الميكانيك النسبوية الخاصة التي أنشأها (ألبيرت أينتشتاين) سنة 1905م، من التوصل إلى أن هناك تكافؤا بين الكتلة والطاقة. (النشاط 2 ص 85).



10 ألبيرت أينشتاين (1879م - 1955م)

تمتلك كل مجموعة كتلتها m، في حالة سكون، طاقة E تسمى **طاقة الكتلة** تعبيرها هو :

$$\boxed{E = m.c^2}$$

(J) (kg) $c \simeq 3,0.10^8 m.s^{-1}$ سرعة الضوء

وتبين هذه العلاقة أنه عندما تتغير كتلة مجموعة بالمقدار Δm خلال تحول ما، يكون تغير الطاقة الكتلية لهذه المجموعة هو : $\boxed{\Delta E = \Delta m.c^2}$. عندما تنقص كتلة مجموعة في سكون $(\Delta m < 0)$، فإن طاقتها الكتلية تنقص كذلك $(\Delta E < 0)$: تحرر المجموعة في هذه الحالة طاقة وتمنحها للوسط الخارجي.

وعلى العكس عندما تزداد كتلة المجموعة $(\Delta m > 0)$، فإن هذه الأخيرة تستقبل الطاقة من الوسط الخارجي $(\Delta E > 0)$.

2.1 ـ وحدات الكتلة والطاقة

أ ـ وحدة الكتلة الذرية

في الفيزياء النووية، تكون كتل النوى والدقائق صغيرة جدا، لذا يعبر عنها بوحدة ملائمة تسمى **وحدة الكتلة الذرية**، يرمز لها بالحرف *u*.

$$\boxed{1u = 1,66054 \times 10^{-27} kg}$$

تساوي وحدة الكتلة الذرية *u*، $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون $^{12}_{6}C$.

$$1u = \frac{M\left(^{12}_{6}C\right)}{12 \times N_A} = 1,6605.10^{-27} kg$$

$M(C) = 12 g.mo\ell^{-1}$: الكتلة المولية للكربون.

$N_A = 6,02.10^{23} mo\ell^{-1}$: ثابتة أفوكادرو.

ب ـ وحدة الطاقة : الإلكترون ـ فولط

في الفيزياء النووية الجول (J) وحدة غير ملائمة للطاقة، لذلك يفضل استعمال **الإلكترون ـ فولط** ومضاعفاته كالميغا إلكترون ـ فولط (MeV) مثلا.

$$\boxed{\begin{array}{l} 1eV = 1,602177 \times 10^{-19} J \\ 1MeV = 10^6 eV = 1,602177 \times 10^{-13} J \end{array}}$$

ج ـ الطاقة المكافئة لوحدة الكتلة الذرية *u*

حسب علاقة (أينشتاين) :

$$E = 1,66054 \times 10^{-27} (299792458)^2 = 1492,42 \times 10^{-13} J$$

أي : $$E = \frac{1492,42 \times 10^{-13}}{1,602177 \times 10^{-13}} = 931,5 MeV$$

$$\boxed{1u = 931,5 MeV / c^2}$$

الدقيقة	الكتلة (*u*)	الطاقة (MeV)
بروتون	1,00728	938,272
نوترون	1,00866	939,565
إلكترون	0,00055	0,5

11 الكتلة وطاقة الكتلة لبعض الدقائق

طاقة الكتلة	énergie de masse	وحدة الكتلة الذرية	unité de masse atomique	إلكترون ـ فولط	éléctron - volt

② طاقة الربط

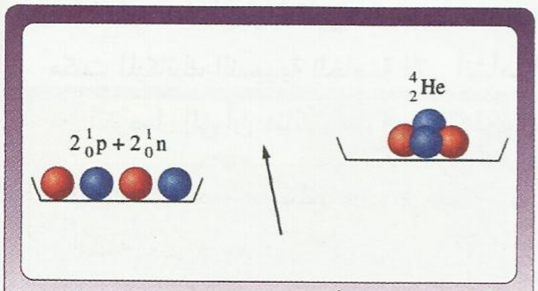
1.2 - النقص الكتلي

نعتبر نواة الهيليوم $^{4}_{2}He$ التي تتكون من بروتونين ونوترونين. تبين قياسات دقيقة أن كتلتها تساوي : $m\left(^{4}_{2}He\right) = 6,6447.10^{-27}kg$.

مجموع كتل نويات نواة الهيليوم هو :

$$2m_P + 2m_n = 2.1,6726.10^{-27} + 2,1,6750.10^{-27} = 6,6952.10^{-27}kg$$

نستخلص إذن أن كتلة نواة الهيليوم أصغر من مجموع كتل نوياتها (الشكل 12).



⑫ كتلة النواة أصغر من مجموع كتل النويات

نسمي النقص الكتلي Δm لنواة $^{A}_{z}X$ الفرق بين مجموع كتل النويات وكتلة النواة :

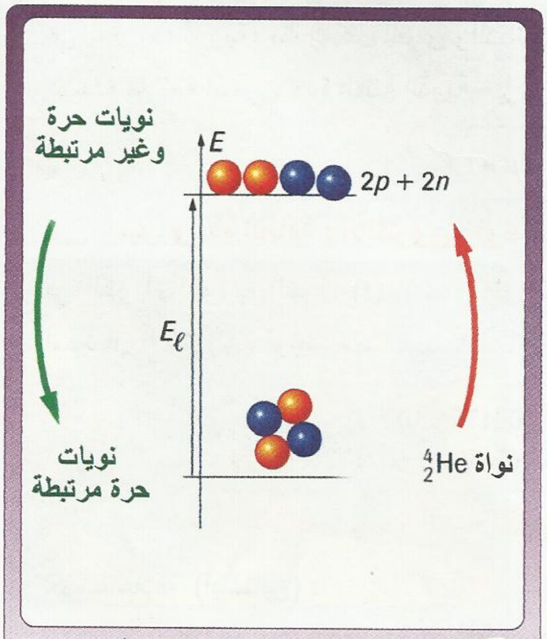
$$\boxed{\Delta m = Z.m_P + (A-Z)m_n - m\left(^{A}_{z}X\right)}$$

النقص الكتلي Δm مقدار موجب.

مثال : النقص الكتلي لنواة الهيليوم : $\Delta m = 6,6952.10^{-27} - 6,644710^{-27} = 5,0520.10^{-29}kg$.

2.2 - طاقة الربط

يعزى تماسك النواة إلى وجود قوى تجاذبية بين النويات، تسمى **قوى التأثيرات البينية القوية**، شدتها كبيرة جدا مقارنة مع قوى التنافر الكهرساكن بين البروتونات. لفصل نويات نواة يجب إعطاؤها طاقة، تسمى طاقة الربط E_ℓ. وحسب علاقة التكافؤ بين الكتلة والطاقة لأينشتاين فإن النقص الكتلي لنواة يكافئ الطاقة التي يلزم إعطاؤها لفصل نوياتها $E_\ell = \Delta m.c^2$.



⑬ مخطط الطاقة (حالة نواة الهيليوم)
- تكوُّن النواة يتم بطاقة : $\Delta E = -E_\ell < 0$
- فصل نويات نواة يتم بطاقة : $\Delta E = E_\ell > 0$

طاقة الربط E_ℓ لنواة $^{A}_{z}X$ هي الطاقة التي يجب إعطاؤها لنواة في حالة سكون لفصل نوياتها وتبقى في حالة سكون :

$$E_\ell = \Delta m.c^2 = \left[Z.m_P + (A-Z)m_n - m\left(^{A}_{z}X\right)\right].c^2$$

مثال : حساب طاقة الربط لنواة الهيليوم.

$$E_\ell = \Delta m.c^2 = 5,0520\times10^{-29}\times\left(3.10^{8}\right)^2 = 4,55.10^{-12}J$$

$$E_\ell = \frac{4,55.10^{-12}}{1,6.10^{-19}} = 2,84.10^{7}eV = 28,4.MeV$$

طاقة الربط	énergie de liaison
نقص كتلي	défaut de masse
تأثير بيني قوي	interaction forte
متوسط	moyenne

3.2 - طاقة الربط بالنسبة لنوية

تُعرَّف طاقة الربط بالنسبة لنوية بالعلاقة : $\xi = \frac{E_\ell}{A}$ ، حيث E_ℓ طاقة الربط للنواة و A عدد النويات.
وهي تمثل طاقة الربط المتوسطة لنوية.

وحدة ξ هي : MeV / *nucléon* .

تمكن طاقة الربط بالنسبة لنوية من إعطاء فكرة عن مدى استقرار النواة.

كلما كانت طاقة الربط بالنسبة لنوية كبيرة، كلما كانت النواة أكثر استقرارا.

مثال : حساب طاقة الربط بالنسبة لنوية لنواة الهيليوم:

$$\xi\left({}^4_2He\right) = \frac{E_\ell}{4} = \frac{28,4}{4} = 7,1\,\text{MeV / nucléon} \; .$$

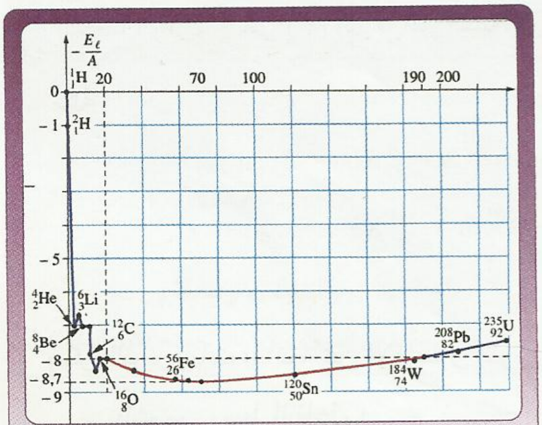
النواة	E_ℓ (MeV)	$\frac{E_\ell}{A}$ (MeV / *nucléon*)
${}^2_1H$	2,2	1,1
${}^4_2He$	28	7,1
${}^{56}_{26}Fe$	4,9 x 10²	8,8
${}^{238}_{92}U$	1,8 x 10³	7,6

14 طاقة الربط بالنسبة لنوية لبعض النوى

4.2 - منحنى (أسطون Aston)

لمقارنة استقرار مختلف النوى، نخط المنحنى الممثل لتغير مقابل طاقة الربط بالنسبة لنوية $\left(\frac{-E_\ell}{A}\right)$ بدلالة عدد النويات A ، يسمى هذا المنحنى : **منحنى (أسطون)**.

- بالنسبة لـ $20 < A < 195$: نلاحظ على المنحنى قيما دنيا لـ $\frac{-E_\ell}{A}$ ، تقارب قيمتها المطلقة 8 MeV / *nucléon* . وتضم هذه المنطقة النوى **الأكثر استقرارا**، والتي تظهر في الشكل 15 باللون الأحمر حول نواة الحديد Fe. وتعتبر هذه الأخيرة من النوى الأكثر استقرارا، الشيء الذي يفسر وجودها في الكون بوفرة.

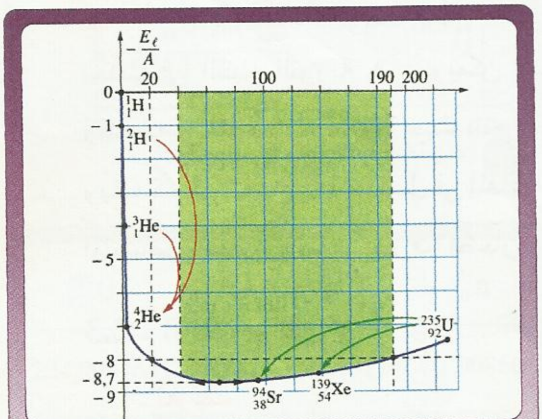


15 منحنى (أسطون) تمثل النقط على الجزء الأحمر من المنحنى النوى الأكثر استقرارا

- بالنسبة لـ : $A < 20$ و $A > 195$:

نلاحظ أن طاقة الربط بالنسبة لنوية لهذه النوى ضعيفة، الشيء الذي يبين أن هذه النوى غير مستقرة (الجزءان باللون الأزرق من منحنى الشكل 15). ويمكن لهذه النوى المستقرة أن تتحول إلى نوى أكثر استقرارا وفق نوعين من التفاعلات النووية :

- النوى الثقيلة ($A > 195$) غير المستقرة تنشطر إلى نواتين خفيفتين، وتسمى هذه الظاهرة **الانشطار النووي**.
- النوى الخفيفة ($A < 20$) تتحد فيما بينها لتعطي نواة أكثر ثقلا، وتسمى هذه الظاهرة **الاندماج النووي**. وتجدر الإشارة أن الانشطار والاندماج تفاعلان نوويان محرّضان (الشكل 16).



16 تطور النوى غير المستقرة
- انشطار النوى الثقيلة (اللون الأخضر).
- اندماج النوى الخفيفة (اللون الأحمر).

استقرار	stabilité	محرّض	provoqué	نوية	nucléon

③ الانشطار والاندماج النوويان

1.3 - الانشطار النووي

يمكن لنواة ثقيلة كالأورانيوم 235 أوالبلوتونيوم مثلا، أن تنقسم ، بعد قذفها بنوترون بطيء (طاقته الحركية أقل من 0,1 MeV) إلى نواتين خفيفتين. يسمى هذا التحول الانشطار النووي، وتسمى النوى الثقيلة كالأورانيوم 235 والبلوتونيوم 239 **النوى الشطورة،** والنوترون القذيفة: **النوترون الحراري**.

أ - تعريف :

الانشطار النووي تفاعل نووي تنقسم خلاله نواة ثقيلة شطورة، بعد التقافها لنوترون حراري إلى نواتين خفيفتين.

أمثلة :

$$^{235}_{92}U+^{1}_{0}n \longrightarrow ^{140}_{55}Cs + ^{93}_{37}Rb + 3\,.\,^{1}_{0}n$$

$$^{235}_{92}U+^{1}_{0}n \longrightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{139}_{54}Xe + 3\,.\,^{1}_{0}n + \gamma$$

ب - تفاعل متسلسل

يمكن للنوترونات الناتجة عن الانشطار النووي أن :

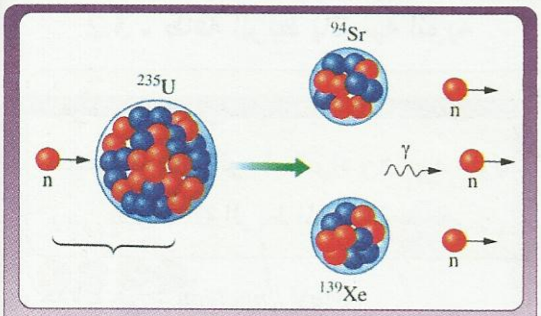
- تفلت من وسط التفاعل ؛
- أو تلتقفها نوى غير شطورة ؛
- أو تتسبب في انشطار نوى أخرى، مساهمة في حدوث تفاعل متسلسل قد يتم بكيفية تفجيرية، إذا كان غير متحكم فيه؛ وهذا ما يحدث في القنبلة النووية A . ويمكن التحكم في التفاعل المتسلسل وضبطه في المفاعلات النووية حيث تنتج الطاقة بكيفية منتظمة.

ويُتحكم في التفاعل المتسلسل في المفاعلات النووية عن طريق امتصاص النوترونات من طرف قضبان من الكادميوم (الشكل19).

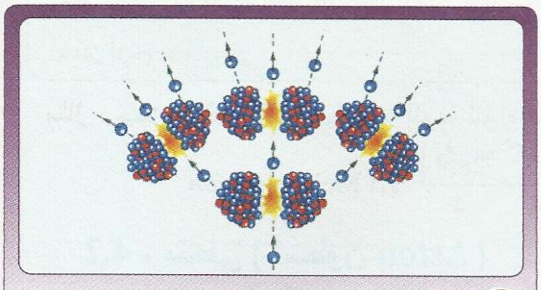
2.3 - الاندماج النووي

أ - تعريف

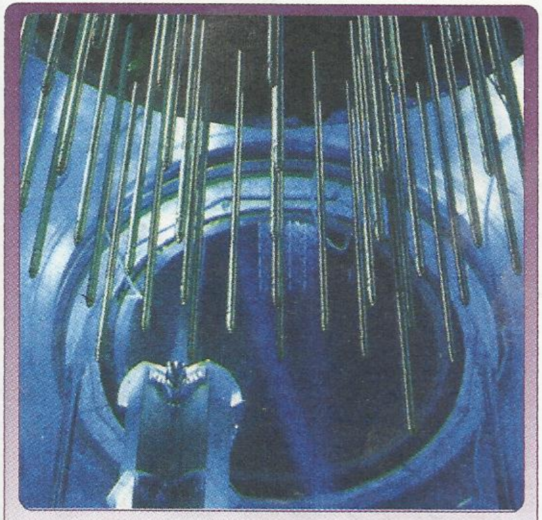
الاندماج النووي تفاعل يتم خلاله انضمام نواتين خفيفتين لتكوين نواة أكثر ثقلا.



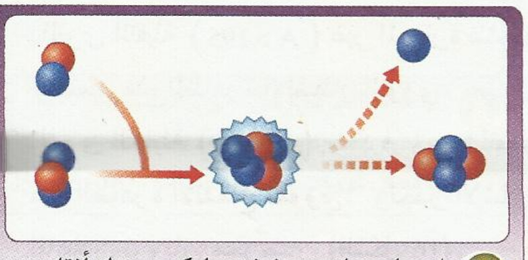
17 تنقسم نواة الأورانيوم 235 إلى نواتين خفيفتين مع انبعاث نوترونات وأشعة γ



18 تمثيل تفاعل متسلسل



19 تتحكم قضبان قلب المفاعل النووي في التفاعل المتسلسل قصد إنتاج طاقة منتظمة



20 اندماج نواتين خفيفتين لتكوين نواة أثقل

شطور	fissile	التقاف	capture	تفاعل متسلسل	réaction en chaîne

أمثلة :

- تقع تفاعلات الاندماج داخل الشمس حيث يتم خلالها تكون الهيليوم انطلاقا من الهيدروجين ، وفق ثلاث مراحل :

$${}_1^1\mathrm{H} + {}_1^1\mathrm{H} \longrightarrow {}_1^2\mathrm{H} + {}_1^0\mathrm{e} \qquad (1)$$

$${}_1^2\mathrm{H} + {}_1^1\mathrm{H} \longrightarrow {}_2^3\mathrm{He} \qquad (2)$$

$${}_2^3He + {}_2^3\mathrm{He} \longrightarrow {}_2^4\mathrm{He} + {}_1^1\mathrm{H} + {}_1^1\mathrm{H} \qquad (3)$$

وتعطي المعادلة التالية حصيلة هذه المراحل :

$$4\,{}_1^1\mathrm{He} \longrightarrow {}_2^4\mathrm{He} + 2\,{}_1^0\mathrm{e}$$ (نشاط 2 ص 85).

ب - شروط تحقيق الاندماج النووي

لا يتحقق الاندماج النووي إلا إذا كان للنواتين الخفيفتين طاقة تمكنهما من التغلب على قوى التأثيرات البينية التنافرية. ويتطلب توفير هذه الطاقة درجة حرارة عالية. ولهذا السبب ينعت الاندماج **بالتفاعل النووي الحراري**.

4 الحصيلة الكتلية والطاقية لتفاعل نووي

1.4 - الحالة العامة

نعتبر تفاعلا نووياً معبراً عنه بالمعادلة التالية :

$${}_{Z_1}^{A_1}\mathrm{X}_1 + {}_{Z_2}^{A_2}\mathrm{X}_2 \longrightarrow {}_{Z_3}^{A_3}\mathrm{X}_3 + {}_{Z_4}^{A_4}\mathrm{X}_4$$

حيث الرموز X_i تدل على نوى عناصر كيميائية أو دقائق . تكتب الحصيلة الطاقية المقرونة بهذا التفاعل النووي كالتالي :

$$\Delta\mathrm{E} = \left[\mathrm{E}_\ell(\mathrm{X}_1) + \mathrm{E}_\ell(\mathrm{X}_2)\right] - \left[\mathrm{E}_\ell(\mathrm{X}_3) + \mathrm{E}_\ell(\mathrm{X}_4)\right].$$

حيث $\mathrm{E}_\ell(\mathrm{X}_i)$ طاقة الربط للنواة أو الدقيقة X_i ،

و $\Delta\mathrm{E}$ طاقة التفاعل.

حسب تعبير طاقة الربط E_ℓ ، يصبح تعبير $\Delta\mathrm{E}$ على شكل :

$$\Delta\mathrm{E} = \left[m(\mathrm{X}_3) + m(\mathrm{X}_4) - m(\mathrm{X}_1) - m(\mathrm{X}_2)\right]c^2$$

أي :

$$\boxed{\Delta\mathrm{E} = \Delta m.c^2 = \left[m(\text{نواتج}) - m(\text{متفاعلات})\right]c^2}$$

2.4 - تطبيقات على الانشطار والاندماج النوويين

أ - الانشطار النووي

نعتبر معادلة الانشطار النووي التالية :

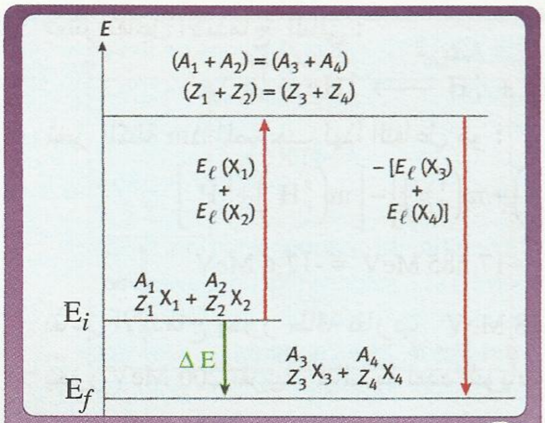
$${}_{92}^{235}\mathrm{U} + {}_0^1\mathrm{n} \longrightarrow {}_{55}^{140}\mathrm{Cs} + {}_{37}^{93}\mathrm{Rb} + 3.{}_0^1\mathrm{n}$$

تغير الكتلة $\Delta\mathrm{m}$ المصاحب لهذا التفاعل النووي هو :

$$\Delta\mathrm{m} = \mathrm{m}_{finale} - \mathrm{m}_{initiale} = \left[\mathrm{m}\left({}_{55}^{140}\mathrm{Cs}\right) + \mathrm{m}\left({}_{37}^{93}\mathrm{Rb}\right) + 3\mathrm{m}\left({}_0^1\mathrm{n}\right)\right] - \left[\mathrm{m}\left({}_{92}^{235}\mathrm{U}\right) + \mathrm{m}\left({}_0^1\mathrm{n}\right)\right]$$

نجد : $\Delta\mathrm{m} = -0{,}18729u = -3{,}1100\times10^{-28}\,\mathrm{kg}$ ، وبالتالي : $\Delta\mathrm{E} = \Delta m.c^2 = -2{,}7952\times10^{-11}\,\mathrm{J} = -174{,}46\ \mathrm{MeV}$.

وهذا يعني أن انشطار نواة واحدة من الأورانيوم 235 يُحرر طاقة تساوي 174,46 MeV .


E
$(A_1 + A_2) = (A_3 + A_4)$
$(Z_1 + Z_2) = (Z_3 + Z_4)$
$E_\ell(X_1) + E_\ell(X_2)$
$-[E_\ell(X_3) + E_\ell(X_4)]$
${}_{Z_1}^{A_1}X_1 + {}_{Z_2}^{A_2}X_2$
E_i
ΔE
${}_{Z_3}^{A_3}X_3 + {}_{Z_4}^{A_4}X_4$
E_f

21 مخطط الطاقة لتفاعل نووي عام.

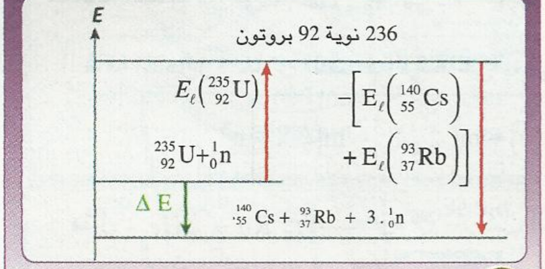
E_i : الطاقة البدئية للمجموعة (المتفاعلات)

E_f : الطاقة النهائية للمجموعة (النواتج)

$\mathrm{E}_\ell(\mathrm{X}_1) + \mathrm{E}_\ell(\mathrm{X}_2)$: الطاقة التي تكتسبها المجموعة لتفكيك النواتين X_1 و X_2 إلى نويات.

$-\left[\mathrm{E}_\ell(\mathrm{X}_3) + \mathrm{E}_\ell(\mathrm{X}_4)\right]$: الطاقة التي تحررها المجموعة عند تكون النواتين X_3 و X_4 انطلاقا من نويات.

$\Delta\mathrm{E} < 0$: إجمالا، المجموعة تحرر الطاقة أثناء هذا التفاعل النووي، وبذلك تصبح أكثر استقرارا.


E
236 نوية 92 بروتون
$E_\ell\left({}_{92}^{235}\mathrm{U}\right)$
$-\left[\mathrm{E}_\ell\left({}_{55}^{140}\mathrm{Cs}\right) + \mathrm{E}_\ell\left({}_{37}^{93}\mathrm{Rb}\right)\right]$
${}_{92}^{235}\mathrm{U} + {}_0^1\mathrm{n}$
ΔE
${}_{55}^{140}\mathrm{Cs} + {}_{37}^{93}\mathrm{Rb} + 3.{}_0^1\mathrm{n}$

22 مخطط الطاقة لتفاعل انشطار

${}_{92}^{235}\mathrm{U}$	${}_{55}^{140}\mathrm{Cs}$	${}_{37}^{93}\mathrm{Rb}$	${}_0^1\mathrm{n}$
234,99346	139,88711	92,90174	1,00866

23 كتل النوى المتدخلة في تفاعل الانشطار (u)

ب - الاندماج النووي

نعتبر تفاعل الاندماج التالي :

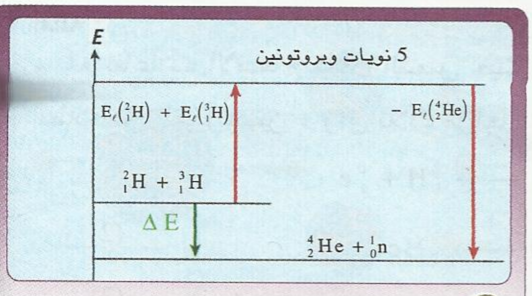
$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

تغير الكتلة Δm المصاحب لهذا التفاعل هو :

$$\Delta m = \left[m\left(^{4}_{2}He\right) + m\left(^{1}_{0}n\right)\right] - \left[m\left(^{2}_{1}H\right) + ^{3}_{1}H\right]$$

$$\Delta E = \Delta m.c^2 \simeq -17{,}585\ MeV \simeq -17{,}6\ MeV$$

تفاعل الاندماج يحرر طاقة تقارب 18 MeV ، بينما تفاعل الانشطار يحرر 200 MeV تقريبا. فبالنسبة لعدد النويات (5 بالنسبة لهذا الاندماج و 236 بالنسبة للانشطار ^{236}U)، نلاحظ أنه بالنسبة لنوية، الطاقة المحررة بالاندماج أكبر خمس مرات تقريبا من الطاقة المحررة بالانشطار.


E
5 نويات وبروتونين
$E_\ell(^{2}_{1}H) + E_\ell(^{3}_{1}H)$
$- E_\ell(^{4}_{2}He)$
$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H$
ΔE
$^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$

24 تفاعل الإندماج النووي داخل الشمس

$^{1}_{0}n$	$^{4}_{2}He$	$^{3}_{1}H$	$^{2}_{1}H$
1,00866	4,00150	3,01550	2,01355

25 كتل النوى المتدخلة في تفاعل الاندماج بالوحدة(u)

3.4 - تطبيقات على التحولات النووية التلقائية

تدل إشارة ΔE على أن المجموعة تكون إما ناشرة للطاقة (تحرر الطاقة للمحيط الخارجي) : $\Delta E < 0$ ، أو ماصة لها (تكتسب الطاقة من المحيط الخارجي) : $\Delta E > 0$.

بالنسبة للتحولات النووية التلقائية، تكون ΔE دائما سالبة ($\Delta E < 0$) ونرمز لها بالحرف E ، وتسمى الطاقة **المتحررة**.

أ - النشاط الإشعاعي α

معادلة التفتت α هي : $^{A}_{Z}X \longrightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}He$

الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي α هي :

$$E = \left[m\left(^{4}_{2}He\right) + m\left(^{A-4}_{Z-2}Y\right) - m\left(^{A}_{Z}X\right)\right].c^2$$

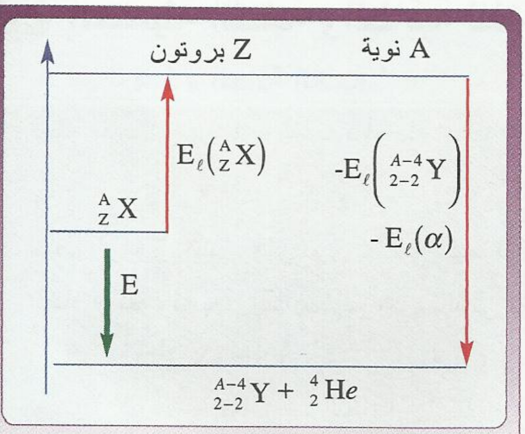
مثال : $^{226}_{88}Ra \longrightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$. كتل النوى هي :

$m\left(^{4}_{2}He\right) = 4{,}0015u$ و $m\left(^{222}_{86}Rn\right) = 221{,}9702u$ و $m\left(^{226}_{88}Ra\right) = 225{,}9770u$

لدينا : $1u = 931{,}6\ MeV$

$$E = \left[m\left(^{4}_{2}He\right) + m\left(^{222}_{86}Rn\right) - \left(^{226}_{88}Ra\right)\right].c^2$$

$$E = -4{,}94\ MeV$$


A نوية
Z بروتون
$E_\ell\left(^{A}_{Z}X\right)$
$-E_\ell\left(^{A-4}_{2-2}Y\right)$
$- E_\ell(\alpha)$
$^{A}_{Z}X$
E
$^{A-4}_{2-2}Y + ^{4}_{2}He$

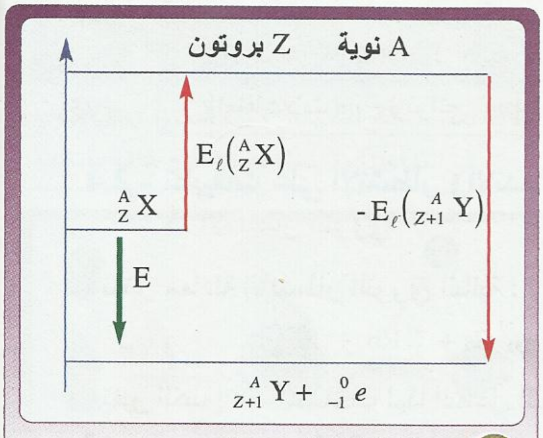
26 مخطط الطاقة للتفتت α

ب - النشاط الإشعاعي β^-

معادلة التفتت β^- هي : $^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A}_{Z+1}Y + ^{0}_{-1}e$

الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^- هي :

$$E = \left[m\left(^{0}_{-1}e\right) + m\left(^{A}_{Z+1}Y\right) - m\left(^{A}_{Z}X\right)\right]C^2$$


A نوية
Z بروتون
$E_\ell\left(^{A}_{Z}X\right)$
$^{A}_{Z}X$
$-E_\ell\left(^{A}_{Z+1}Y\right)$
E
$^{A}_{Z+1}Y + ^{0}_{-1}e$

27 مخطط الطاقة للتفتت β^-

مثال : $^{60}_{27}\mathrm{Co} \longrightarrow {}^{60}_{28}\mathrm{N}i + {}^{0}_{-1}e$. كتل النوى هي :

$m(^{60}_{27}\mathrm{Co}) = 59{,}9190u$ و $m(^{60}_{28}\mathrm{N}i) = 59{,}915u$ و $m(^{0}_{-1}e) = 5{,}4910^{-4}u$

$$E = \left[m(^{0}_{-1}e) + m(^{60}_{28}\mathrm{N}i) - m(^{60}_{27}\mathrm{Co})\right].c^2 = -2{,}84\ \mathrm{MeV}$$

ب ـ النشاط الإشعاعي β^+

معادلة التفتت β^+ هي : $^{A}_{Z}\mathrm{X} \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}\mathrm{Y} + {}^{0}_{1}e$.

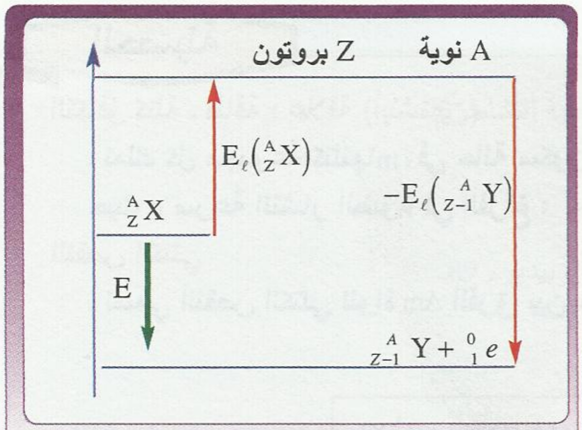
الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي β^+ هي :

$$\boxed{E = \left[m(^{0}_{1}e) + m(^{A}_{Z-1}\mathrm{Y}) - m(^{A}_{Z}\mathrm{X})\right].C^2}$$

مثال : $^{13}_{7}\mathrm{N} \longrightarrow {}^{13}_{6}\mathrm{C} + {}^{0}_{1}e$

كتل النوى هي : $m(^{13}_{7}\mathrm{N}) = 13{,}001898u$ و $m(^{13}_{6}\mathrm{C}) = 13{,}000062u$

$$E = \left[m(^{0}_{1}e) + m(^{13}_{6}\mathrm{C}) - m(^{13}_{7}\mathrm{N})\right].c^2 = -1{,}999\ \mathrm{MeV}\ .$$



28 مخطط الطاقة للتفتت β^+

5 التأثيرات البيولوجية للنشاط الإشعاعي

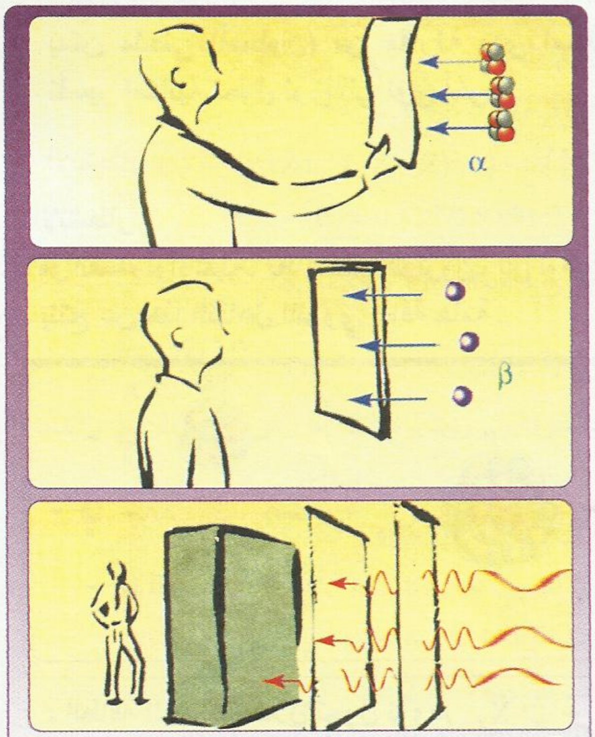
تؤثر الإشعاعات النووية على جسم الإنسان حسب الكمية التي يمتصها. تستعمل كميات ضئيلة جدا من الإشعاعات النووية في ميدان الطب كعنصر استشفائي، إما لتشخيص الأمراض أو لمعالجتها (النشاط 3 ص86).

تشكل كمية الإشعاعات النووية ذات الطاقة العالية، خطرا على الإنسان لأنها تتفاعل مع المادة المكوِّنة لجسمه، إذ يمكنها انتزاع إلكترونات ذرات خلايا بعض الأعضاء محدثة تشوهات بيوكيميائية. وتتعلق خطورة هذه الإشعاعات بطبيعة الأشعة وبالكمية التي يمتصها الجسم.

إن إجراءات الوقاية من أخطار الإشعاعات تتعلق بطبيعة هذه الأخيرة.

- الإشعاعات α : تخترق المادة بصعوبة، إذ تكفي ورقة لإيقافها، وتحدث حروقاً سطحية على الجلد.
- الإشعاعات β أكثر نفاذية من α ، ويلزم عدة مليمترات من الألومنيوم لإيقافها. تستعمل هذه الإشعاعات في معالجة الخلايا السرطانية.
- الإشعاعات γ نافذة بقدر كبير، ولإيقافها يلزم عدة سنتيمترات من الرصاص، وتستعمل في تشخيص الأمراض بالصور.

29 يمكِّن الجهاز من قياس كمية الاشعاعات الممتصة



30 مميزات الاشعاعات α و β و γ

الحصيلة

التكافؤ كتلة ـ طاقة : علاقة (أينشتاين)

ـ تملك كل مجموعة كتلتهاm، في حالة سكون، طاقة E تسمى طاقة الكتلة يعبر عنها بالعلاقة : $\boxed{E = mc^2}$
حيث c سرعة انتشار الضوء في الفراغ : $c = 3.10^8 m/s$ وتسمى علاقة (أينشتاين).

النقص الكتلي

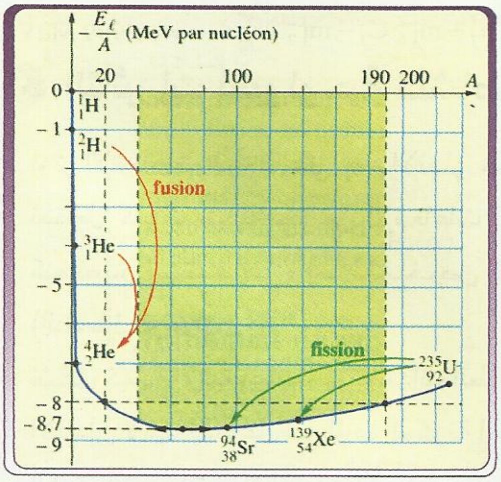
ـ نسمي النقص الكتلي لنواة Δm الفرق بين مجموع كتل النويات وكتلة النواة :

$$\boxed{\Delta m = [Zm_p + (A-Z)m_n] - m({}^{A}_{Z}X)} \quad \left\{ \begin{array}{l} m_p \text{ كتلة البروتون} \\ m_n \text{ كتلة النوترون} \\ m({}^{A}_{Z}X) \text{ كتلة النواة} \end{array} \right.$$

طاقة الربط للنواة

ـ طاقة الربط E_ℓلنواة ${}^{A}_{Z}X$ هي الطاقة التي يجب إعطاؤها للنواة في حالة سكون لفصل نوياتها وتبقى في حالة سكون :

$$\boxed{E_\ell = \Delta mc^2 = \left(\left[Zm_p + (A-Z)m_n\right] - m\left({}^{A}_{Z}X\right)\right).c^2}$$



طاقة الربط بالنسبة لنوية

تعطي فكرة عن مدى استقرار النواة ويعبَّر عنها بالعلاقة : $\boxed{\xi = \frac{E_\ell}{A}}$
حيثE_ℓ طاقة الربط للنواة وA عدد نوياتها.

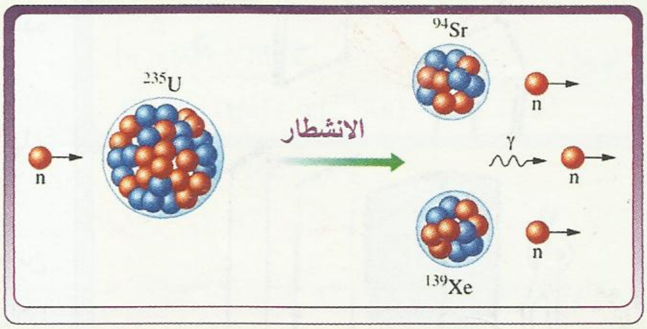
منحنى (أسطون)

يمكّن منحنى (أسطون) من مقارنة مدى استقرار النوى ومن تفسير إمكانية تحول نوى إلى نوى أخرى.

الانشطار والاندماج

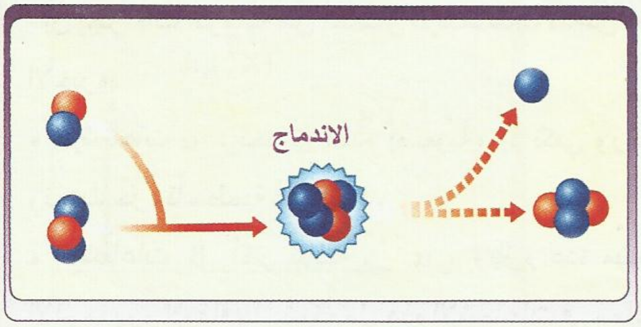
الانشطار

- هو انقسام نواة ثقيلة، بعد التقافها لنوترون، إلى نواتين أقل ثقلا.
- ينتج عن هذا التفاعل النووي طاقة هامة.



الاندماج

- هو انضمام نواتين خفيفتين لتكوين نواة أكثر ثقلا.
- ينتج عن هذا التفاعل النووي طاقة هائلة.



ـ الطاقة المحررة خلال تحول نووي ${}^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 \longrightarrow {}^{A_3}_{Z_3}X_3 + {}^{A_4}_{Z_4}X_4$ هي :

$$\Delta E = \left[m(X_3) + m(X_4) - m(X_1) - m(X_2)\right]c^2$$

$$\Delta E = \Delta m.c^2 = \left[m(\text{ نواتج }) - m(\text{متفاعلات})\right]c^2$$

تمرين محلول

الروبيديوم $^{85}_{37}Rb$ نواة مستقرة، غير أن الروبيديوم $^{89}_{37}Rb$ نواة إشعاعية النشاط β^-.

1- اعط تعريف طاقة الربط لنواة.

2- احسب طاقة الربط لنظيري الروبيديوم.

3- احسب طاقة الربط بالنسبة لنوية للنظيرين : الروبيديوم 85 والروبيديوم 89.

4- رتِّب النظيرين حسب تزايد استقرارهما.

5- أُكتب معادلة تفتت الروبيديوم 89. ما هي النواة المتولدة ؟

نعطي :

$m(^{85}Rb) = 84,89144u$ ، $m(^{89}Rb) = 88,89193u$ ، $m_n = 1,00866u$ ، $m_p = 1,00728u$ ، $1u$ توافق $931,5\ MeV$

إرشادات

1 - استحضار تعريف طاقة الربط لنواة.

2- نحسب النقص الكتلي بوحدة الكتلة الذرية u ثم نحسب الطاقة باستعمال الموافقة : $1u \leftrightarrow 931,5\ MeV$.

3 - تحسب طاقة الربط بالنسبة لنوية بالعلاقة : $\xi = \frac{E_\ell}{A}$.

4- النواة الأكثر استقرارا هي التي تتوفر على أكبر طاقة ربط بالنسبة لنوية.

5- استحضار قانوني انحفاظ عدد الكتلة A وعدد الشحنة Z لكتابة معادلة التفتت. لتحديد النواة المتولدة يجب الرجوع إلى جدول الترتيب الدوري للعناصر الكيميائية.

حل

1- طاقة الربط لنواة هي الطاقة اللازمة لفصل نوياتها عن بعضها البعض وتحسب بالعلاقة : $E_\ell = \Delta m.c^2 = \left(\left[Zm_p + (A-Z)m_n\right] - m\left(^A_ZX\right)\right).c^2$.

2- • طاقة الربط للروبيديوم $^{85}_{37}Rb$:

لدينا : $Z = 37$ و $A - Z = 85 - 37 = 48$

ومنه : $\left[Zm_p + (A-Z)m_n\right] - m\left(^A_ZX\right) = 0,79360\ u$ ،

وبالتالي : $\underline{E_\ell = 0,79360 \times 931,5 = 739,2\ MeV}$.

• طاقة الربط للروبيديوم $^{89}_{37}Rb$:

لدينا : $Z = 37$ و $A - Z = 89 - 37 = 52$ ،

ومنه : $\left[Zm_p + (A-Z)m_n\right] - m\left(^A_ZX\right) = 0,82775u$ ،

وبالتالي : $\underline{E_\ell = 0,82775 \times 931,5 = 771,0\ MeV}$.

3- • بالنسبة للروبيديوم85 : $\frac{E_\ell}{A} = \frac{739,2}{85} = 8,70\ MeV / nucléon$.

• بالنسبة للروبيديوم 89 : $\frac{E_\ell}{A} = \frac{771,0}{89} = 8,66\ MeV / nucléon$.

4- طاقة الربط بالنسبة لنوية للروبيديوم 89 أقل من طاقة الربط بالنسبة لنوية للروبيديوم 85 ، وبالتالي فإن :

الروبيديوم 89 أقل استقرارا من الروبيديوم 85.

5- كتابة معادلة التفتت β^- للروبيديوم 89 : $^{89}_{37}Rb \longrightarrow {}^A_ZX + {}^0_{-1}e$

حسب قانون انحفاظ عدد الكتلة : $89 = A + 0$ أي $A = 89$.

حسب قانون انحفاظ عدد الشحنة : $37 = Z - 1$ أي $Z = 38$.

في الترتيب الدوري للعناصر الكيميائية النواة المتولدة هي : السترونسيوم $^{89}_{38}Sr$.

تمارين

تمارين لاختبار المعارف

يستعان بجدول الترتيب الدوري للعناصر الكيميائية (أنظر ص 315)

1 أجب بصحيح أو خطأ :

1 - كتلة النواة أكبر من مجموع كتل النويات المكونة لها.

2 - طاقة الربط للنواة هي الطاقة التي يجب إعطاؤها للنواة لفصل نوياتها.

3 - النقص الكتلي لنواة مقدار موجب.

4 - ينتج عن الاندماج النووي لنواتين خفيفتين نواة أقل استقرارا.

5 - ينتج عن الانشطار النووي طاقة هائلة.

2 إختر الجواب الصحيح :

1 - خلال تفاعل نووي كتلة المجموعة :

أ - تنحفظ ، ب - تزداد ، ج - تنقص.

2 - التحول النووي التلقائي يكون :

أ - ناشرا للحرارة، ب - ماصا للحرارة ، ج - لا حراريا.

3 - يعبر عن طاقة الربط بالنسبة لنوية بالعلاقة :

أ - $\xi = A \times E_\ell$ ب - $\xi = \frac{E_\ell}{z}$ ج - $\xi = \frac{E_\ell}{A}$.

4 - أ - $1MeV = 1,610^{-13}J$ ، ب - $1MeV = 1,610^{-19}J$

ج - $1MeV / c^2 = 1,610^{-19}\ J$.

تمارين تطبيقية

3 تساوي وحدة الكتلة الذرية u : $\frac{1}{12}$ من كتلة الكربون 12.

1 - عبِّر عن وحدة الكتلة الذرية واحسب قيمتها بـ kg.

2 - أُحسب قيمة وحدة الكتلة الذرية بـ MeV / c^2 .

3 - أُحسب كتلة البروتون m_p وكتلة النوترون m_n بـ u .

نعطي : $m_p = 1,67262.10^{-27}kg$ و $m_n = 1,67493.10^{-27}kg$

$c = 299792458ms^{-1}$ و $1eV = 1,602177.10^{-19}J$

4 نعتبر نظير الهيدروجين ^3_1H

1 - أُحسب النقص الكتلي لنواة الهيدروجين ^3_1H .

2 - اِستنتج طاقة الربط للنواة.

3 - أُحسب طاقة الربط بالنسبة لنوية.

نعطي : $m_p = 1,00727\ u$ و $m_n = 1,00867\ u$

و $m(^3_1H) = 3,0165u$ و $1u = 931,5MeV/c^2$

أجوبة : 1 - $\Delta m \approx 8,09.10^{-3}u$ **- 2** $E_\ell = 7,5\ MeV$

- 3 $\xi = 2,51\ MeV / nucleon$

5 طاقة الربط بالنسبة لنوية الليثيوم ^7_3Li تساوي 5,48 MeV

1 - أُحسب النقص الكتلي لنواة ^7_3Li .

2 - اِستنتج كتلة نواة ^7_3Li بـ MeV/c^2 ثم بـ u .

نعطي :

$m_n = 1,00867u\ ,\ m_p = 1,00727u\ ,\ 1u = 931,5MeV/c^2$

أجوبة : 1 - $\Delta m = \frac{E_\ell}{c^2} = 38,36MeV / c^2$.

- 2 $m_{(^7_3Li)} = 6534,6MeV / c^2$ ،

$m_{(^7_3Li)} = 7,0151u$.

6 انقل الجدول أسفله ثم أتمم ملأه. نعطي :

$m_n = 939,55\ MeV/c^2$ $m_p = 938,26\ MeV/c^2$

النواة	^8_5B	$^{10}_5B$	$^{11}_5B$
النقص الكتلي (MeV/c^2)			75,06
الكتلة (MeV/c^2)		9326,15	
طاقة الربط (MeV)			
طاقة الربط بالنسبة لنوية (MeV)	3,76		

2 - من بين النظائر الثلاثة، ما النظير الأكثر استقرارا؟

تمارين توليفية

7 نواة الكوبالط $^{60}_{27}Co$ إشعاعية النشاط β^- .

1 - أُكتب معادلة التفاعل النووي. كيف يفسر هذا الإشعاع؟

2 - احسب طاقة الربط للنواة $^{60}_{27}Co$.

3 - احسب الطاقة الناتجة عن تفتت $1g$ من الكوبالط 60.

نعطي : $m(e) = 5,49.10^{-4}u$ ، $N_A = 6,02.10^{23}mo\ell^{-1}$

$m_n = 1,008665u \quad ; \quad m_p = 1,007276u$

$m(^{60}_{27}Co) = 59,91901u \ ; \ m(^{60}_{28}Ni) = 59,91544u$

$1u = 1,66.10^{-27}kg = 931,5MeV / c^2$

أجوبة : 1 - $^{60}_{27}Co \longrightarrow ^{60}_{28}Ni + ^0_{-1}e$

- 2 $E_\ell = 524,8MeV$ ، **- 3** $E = -2,83.10^{22}MeV$

8 نواة الأورانيوم 235 نواة قابلة للانشطار، عند قذفها بنوترون يمكنها أن تنشطر حسب معادلة التفاعل النووي التالية : $^{235}_{92}U + ^1_0n \longrightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2^1_0n$

نعطي الكتل الذرية :

النواة	$^{235}_{92}U$	$^{140}_{54}Xe$	$^{94}_{38}Sr$	^1_0n
الكتلة بـ (u)	234,9935	139,8920	93,8945	1,0087

ونأخذ : $1u = 931,5\ MeV/c^2$

1 ـ أُحسب تغير الكتلة Δm الناتج عن التفاعل النووي.

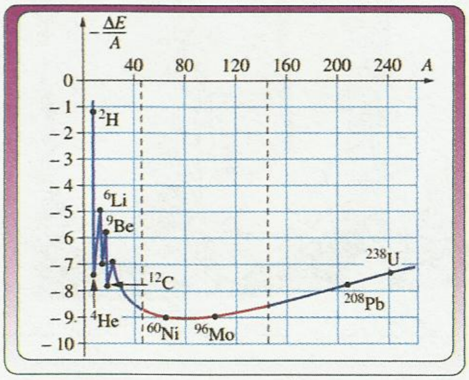
2 ـ اِستنتج الطاقة الناتجة عن التفاعل. هل التفاعل ناشر للحرارة أم ماص للحرارة ؟

3 ـ مثل الحصيلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة.

أجوبة : 1 ـ $\Delta m = -184,72 MeV/c^2$ ، $\Delta E = -184,72 MeV$

التفاعل ناشر للحرارة.

9 نعتبر منحنى (أسطون) الممثل أسفله :



1 ـ ماذا يمثل منحنى (أسطون) ؟

2 ـ أين تتواجد النوى الأكثر استقرارا على المنحنى ؟

3 ـ ما موضع النوى القابلة للانشطار والنوى القابلة الاندماج ؟ علل إجابتك.

4 ـ عيِّن مبيانيا رتبة قدر طاقة الربط بالنسبة لنوية لنواة النيكل 60 .

5 ـ أُحسب طاقة الربط لنواة النيكل 60.

10 تنشطر نواة الأورانيوم 235 داخل مفاعل نووي حسب المعادلة التالية : $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{A}_{Z}X + ^{85}_{35}Br + 3^{1}_{0}n$

1 ـ ذَكر بقانوني انحفاظ عدد الكتلة وانحفاظ عدد الشحنة، واعط قيمتي A و Z، ثم تعرف على النواة $^{A}_{Z}X$ بالرجوع إلى جدول الترتيب الدوري.

2 ـ أعط تعبير تغير الكتلة Δm الناتج عن التفاعل.

3 ـ استنتج تعبيرΔE الطاقة الناتجة عن التفاعل.

4 ـ بين أن : $\Delta E = E_\ell(^{235}_{92}U) - \left[E_\ell(^{A}_{Z}X) + E_\ell(^{85}_{35}Br)\right]$

ثم احسب ΔE . نعطي : $E_\ell(^{235}_{92}U) = 1785,89MeV$

و$E_\ell(^{A}_{Z}X) = 1210,21MeV$ و $E_\ell(^{85}_{35}Br) = 733,81MeV$

5 ـ اِستنتج بوحدة الجول J الطاقة الناتجة عن انشطار 1molℓ من $^{235}_{92}U$ وقارنها بالطاقة الناتجة عن احتراق 1molℓ من الكربون في ثنائي الأوكسجين : $(-390\ kJ\ mo\ell)$

نعطي : $N_A = 6,0210^{23}$ و $1eV = 1,610^{-19}J$

أجوبة : 1 ـ $A = 148$ و $Z = 57$ و $^{A}_{Z}X \equiv ^{148}_{57}La$

2 ـ $\Delta m = \left(m_{(^{148}_{57}La)} + m_{(^{85}_{35}Br)}\right) - \left(m_{(^{235}_{92}U)} + 3m_{(^{1}_{0}n)}\right)$

3 ـ $\Delta E = \Delta m C^2$ ، **4 ـ** $\Delta E = -158,13MeV$

5 ـ $E_{mo\ell} = N_A \times \Delta E = -9,5210^{25} MeV.mo\ell^{-1}$

$E_{mo\ell} = -1,52.10^{10} kJ\ mo\ell^{-1}$

وهي أكبر 40 مرة من الطاقة الناتجة عن احتراق 1molℓ من الكربون في ثنائي الأوكسجين.

11 في سنة 1934 قام (فريديريك وإيرين كوري) بأول استحالة اصطناعية بحيث قذفا نوى الألومنيوم 27 بدقائق α.

1 ـ علما أن هذا التفاعل النووي يؤدي إلى ظهور نوترون، اكتب معادلة التفاعل وتعرف على النواة المتولدة (بالاستعانة بجدول الترتيب الدوري).

2 ـ النواة الناتجة خلال هذا التفاعل إشعاعية النشاط β^+، اكتب معادلة التفتت وتعرف على النواة المتولدة والتي يمكن اعتبارها غير مشعة.

3 ـ احسب الطاقة الناتجة عن تفتت نواة الفوسفور.

نعطي :

$m(P) = 29,973u$, $m(Si) = 29,967u$

$1u = 931,5\ MeV/c^2$, $m(e) = 5,49.10^{-4}u$

12 نعتبر التفاعلات التالية :

أ ـ الاحتراق الكامل لـ 1g من الكربون في وافر من ثنائي الأوكسجين.

ب ـ تفاعل انشطار 1g من الأورانيوم235 حسب المعادلة :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{139}_{53}I + ^{94}_{39}Y + 3^{1}_{0}n$$

ج ـ تفاعل اندماج 1g من الدوتريوم حسب المعادلة :

$$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \longrightarrow ^{1}_{0}n + ^{3}_{2}He$$

نعطي : تكون 1molℓ من CO_2 يحرر طاقة 6,0eV ؟

$m_{(^{235}_{92}U)} = 234,99332u$, $m_{(^{139}_{53}I)} = 138,89695u$

$m_{(^{94}Y)} = 93,89014u$, $m_n = 1,00866u$

$m_{(^{2}H)} = 2,01355u$, $m_{(^{3}H)} = 3,01493u$

$M(C) = 12g \times mo\ell^{-1}$, $N_A = 6,0210^{23} mo\ell^{-1}$

أُحسب الطاقة الناتجة عن كل تفاعل، ماذا تستنتج ؟